

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL - UERGS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM DOCÊNCIA PARA CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS,  
ENGENHARIA E MATEMÁTICA**

**GISELE CRISTIANE SILVA ALVES**

**O MÉTODO CLÍNICO PIAGETIANO E SUA APLICAÇÃO  
NO ENSINO DE CONCEITOS FÍSICOS E MATEMÁTICOS**

**Guaíba**

**2023**

**GISELE CRISTIANE SILVA ALVES**

**O MÉTODO CLÍNICO PIAGETIANO E SUA APLICAÇÃO  
NO ENSINO DE CONCEITOS FÍSICOS E MATEMÁTICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito para obtenção parcial do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Docência em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática – STEM da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tânia Cristina Baptista Cabral

**Guaíba**

**2023**

### Catlogação de Publicação na Fonte

A474m Alves, Gisele Cristiane Silva.

O método clínico piagetiano e sua aplicação no ensino de conceitos físicos e matemáticos. / Gisele Cristiane Silva Alves. – Guaíba: Uergs, 2023.

148 f. il.

Orientadora: Profª Drª Tânia Cristina Baptista Cabral.

Dissertação (Mestrado profissional). – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Mestrado profissional em docência para ciências, tecnologias, engenharia e matemática, Unidade em Guaíba, 2023.

1. Método Clínico. 2. Ensino investigativo sequência. 3. Ensino e aprendizagem. 4. Matemática. 5. Física. I. Cabral, Tânia Cristina Baptista. II. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Mestrado Profissional em docência para ciências, tecnologias, engenharia e matemática, Unidade em Guaíba, 2023. III. Título.

**GISELE CRISTIANE SILVA ALVES**

**O MÉTODO CLÍNICO PIAGETIANO E SUA APLICAÇÃO  
NO ENSINO DE CONCEITOS FÍSICOS E MATEMÁTICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito para obtenção parcial do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Docência em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática – STEM da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Tânia Cristina Baptista Cabral

Aprovada em \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Tânia Cristina Baptista Cabral  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS**

---

**Prof.<sup>o</sup>. Dr. Jorge Tarcísio da Rocha Falcão  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)**

---

**Prof.<sup>o</sup>. Dr. Luciano Andreatta Carvalho da Costa  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS**

## AGRADECIMENTOS

Nesses anos de mestrado, quero agradecer as pessoas que contribuíram e me acompanharam para a conclusão desta etapa. Tentarei expressar, nestas poucas linhas, a minha gratidão. Primeiramente, quero agradecer ao meu amado esposo Alisson Sauer, por todo apoio, carinho e compreensão ao ser privado da minha atenção nos muitos finais de semana e feriados que me dediquei a este trabalho. Agradeço ao meu colega de curso e também tio Marco Sauer pela amizade e disposição em me ajudar em diversos momentos. Agradeço a minha família e a família do meu esposo. Serei eternamente grata pelo acolhimento e cuidado que sempre demonstraram ter comigo. Agradeço, especialmente minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dra. Tânia Cabral, por todos os ensinamentos, pela dedicação e por ter acreditado neste trabalho. Querida professora, sem a sua orientação e confiança não seria possível percorrer este caminho. Com certeza, não serei a mesma professora, aprendi muito com a senhora e levarei seus ensinamentos comigo. Quero agradecer meus colegas do grupo de pesquisa-ação: Luciano Coiro, Cássia Munhoz, Cristiane Fuchs, Cláudia Rosa e, especialmente, minha querida parceira de ingresso Clarice Taube. Mesmo sem conhecê-los pessoalmente, vocês foram muito importantes. Os compartilhamentos das nossas reuniões estão registrados em um caderninho e na minha memória. O nosso grupo de pesquisa-ação foi um tesouro e, às vezes, um espaço de desabafo e acolhimento entre professores que acreditam e lutam pela educação. Vocês e a Prof<sup>a</sup>. Tânia me inspiraram e me inspiram a ser uma professora melhor. Aos professores que fizeram parte da banca avaliadora, Prof<sup>o</sup>. Dr. Jorge Tarcísio da Rocha Falcão e Prof<sup>o</sup>. Dr. Luciano Andreatta Carvalho da Costa, agradeço pelas contribuições e sugestões. Por fim, agradeço aos meus alunos, todos de escola pública, pois sem eles não haveria esta pesquisa. Essas crianças e adolescentes me engajam diariamente, me fazem acreditar em uma Educação Pública e de qualidade para todos.

## RESUMO

A teoria Piagetiana e o Construtivismo mostraram uma nova forma de conceber o desenvolvimento do conhecimento. Por isso, o crescente interesse em aproximar a teoria das questões e interesses educacionais. Nesse sentido, o trabalho investigou as contribuições do quadro teórico piagetiano e do método clínico para o aperfeiçoamento dos procedimentos didáticos e dos procedimentos pedagógicos em sala de aula, e, por consequência, na construção dos conhecimentos dos alunos. Examinamos como a aplicação de uma sequência de situações-problema sobre conceitos físicos e matemáticos aliada ao método clínico piagetiano, em um cenário de ensino por investigação, pode contribuir para a aprendizagem dos alunos e para a apropriação do professor como pesquisador da sua própria prática. Esta pesquisa seguiu uma abordagem qualitativa. Para sustentação teórica, dissertou-se sobre o método clínico, a investigação no contexto do ensino e aprendizagem, o estabelecimento de um ambiente de debate e colaboração entre os pares. Fez-se necessário percorrer os caminhos da Didática e da Didática da Matemática, recuperando elementos da teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud. Bem como, mobilizar estes operadores teóricos na análise dos resultados da aplicação das situações-problema em nossa sala de aula. Verificou-se, então, as contribuições da conciliação do Método Clínico e da teoria dos Campos Conceituais para a criação de condições na investigação do processo de construção e apropriação de um conceito pelo aluno. Espera-se que o estudo proporcione discussões acerca: (i) das contribuições do método clínico de Piaget como estratégia didático e pedagógica; (ii) do método clínico aliado a um ambiente de aprendizagem investigativo; (iii) das atividades da sequência de ensino investigativa como ferramenta para construção dos conhecimentos físicos e matemáticos; (iv) da influência das conversações para a construção dos conceitos; (v) da apropriação do professor como pesquisador da sua própria prática; (vi) das questões pertinentes do decurso das aplicações em sala de aula para a produção do produto educacional.

**Palavras-chave:** Método Clínico. Sequência de ensino investigativo. Ensino e aprendizagem de Matemática e Física.

## ABSTRACT

Piagetian theory and Constructivism showed a new way of conceiving the development of knowledge. Hence, the growing interest in bringing the theory closer to educational issues and interests. In this sense, the work investigated the contributions of the Piagetian theoretical framework and the clinical method to the improvement of didactic procedures and pedagogical procedures in the classroom, and, consequently, in the construction of students' knowledge. We examined how the application of a sequence of problem-situations about physical and mathematical concepts combined with the Piagetian clinical method, in an inquiry-based teaching scenario, can contribute to student learning and to the appropriation of the teacher as a researcher of his own practice. This research followed a qualitative approach. For theoretical support, we discussed the clinical method, research in the context of teaching and learning, and the establishment of an environment of debate and collaboration among peers. It was necessary to go through the paths of Didactics and Mathematics Didactics, recovering elements of Gérard Vergnaud's Conceptual Fields theory. As well as, mobilize these theoretical operators in the analysis of the results of the application of the problem situations in our classroom. It was verified, then, the contributions of the conciliation of the Clinical Method and the theory of Conceptual Fields for the creation of conditions in the investigation of the process of construction and appropriation of a concept by the student. The study is expected to provide discussions about: (i) the contributions of Piaget's clinical method as a didactic and pedagogical strategy; (ii) the clinical method allied to an investigative learning environment; (iii) the activities of the investigative teaching sequence as a tool for the construction of physical and mathematical knowledge; (iv) the influence of conversations for the construction of concepts; (v) the appropriation of the teacher as a researcher of his/her own practice; (vi) the pertinent issues of the course of classroom applications for the production of the educational product.

**Keywords:** Clinical Method. Investigative teaching sequence. Teaching and learning mathematics and physics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Aspectos da entrevista clínica	31
Figura 2	Tabela preenchida por um dos grupos	87
Figura 3	Barco de massinha construído por um dos grupos de alunos	88
Figura 4	Barco de papel alumínio construído por um grupo de alunos	92
Figura 5	Relato por escrito de um dos grupos	94
Figura 6	Pesquisa registrada de um dos grupos	97
Figura 7	Alunos realizando a pesagem e o registro em tabela	100
Figura 8	Registro da atividade e sobre a tirinha do Garfield de um dos grupos	101
Figura 9	Tabela das dimensões e volume de paralelepípedos	104
Figura 10	Organização do espaço antes da atividade ocorrer	106
Figura 11	Alunos realizando o experimento	107
Figura 12	Registro escrito de um dos grupos sobre a atividade	109
Figura 13	Registro escrito de um dos grupos sobre a imagem de contextualização	110
Figura 14	Exemplo de objetos que podem ser selecionados	123
Figura 15	Proposição do problema do barco de massinha	124
Figura 16	A densidade da água no estado sólido é menor que no estado líquido: o fato de o gelo flutuar na água.	125
Figura 17	A densidade é a relação entre a massa e o volume	125
Figura 18	Experiência entre a unidade de massa e a unidade de volume	126
Figura 19	Testando a influência da quantidade de água na flutuabilidade dos corpos.	127
Figura 20	Ilustração dos materiais para o problema do barquinho	129
Figura 21	Proposição do problema do barquinho	130
Figura 22	Por que o Homem de Ferro afundou?	131
Figura 23	A densidade que determina a flutuação dos corpos não depende somente da massa, mas também do volume em que ela está distribuída.	131
Figura 24	A arca de Noé	132
Figura 25	Banhista que não afunda no mar morto	133
Figura 26	Densidade dos corpos: empuxo	134
Figura 27	Proposição do problema do Mar Morto	134
Figura 28	Situação-problema sobre massa e volume	138

Figura 29	Proposição do problema massa e volume	138
Figura 30	Tirinha do Garfield	139
Figura 31	Exemplos de objetos com a forma de paralelepípedo	141
Figura 32	Volume da gavetinha de uma caixa de fósforos	142
Figura 33	Problema do navio e do trem	144
Figura 34	Materiais para o problema do copo	145
Figura 35	Proposição do problema do barquinho	146
Figura 36	Imagem para atividade de sistematização e contextualização	146

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Etapas do desenvolvimento do Método Clínico de Piaget	29
Quadro 2	Três tipos de utilização do método clínico	32
Quadro 3	Propósitos e ações pedagógicas do professor para promover a argumentação	85
Quadro 4	Propósitos e ações epistemológicos do professor para promover a argumentação	85
Quadro 5	Sequência de atividades planejadas	86
Quadro 6	Pesquisa no site de busca Google	135

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Registro das observações	123
Tabela 2	Modelo de tabela para anotações	138
Tabela 3	Dimensões e volume de paralelepípedos	142

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

MMM	Movimento da Matemática Moderna
SEI	Sequência de Ensino Investigativo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.2	JUSTIFICATIVA	18
1.3	QUESTÃO NORTEADORA	19
1.4	OBJETIVOS	20
<b>2</b>	<b>O MÉTODO CLÍNICO DE PIAGET</b>	<b>22</b>
2.1	A CONCEPÇÃO DO MÉTODO CLÍNICO DE PIAGET	22
2.2	A RECEPTIVIDADE DO MÉTODO CLÍNICO	24
2.3	AS MODIFICAÇÕES NO MÉTODO CLÍNICO	28
2.4	CARACTERÍSTICAS DO MÉTODO CLÍNICO	31
2.5	A REPRESENTAÇÃO DO MUNDO NA CRIANÇA	37
<b>3</b>	<b>RELACIONANDO O ENSINO E APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA E FÍSICA COM A TEORIA E O MÉTODO CLÍNICO PIAGETIANO</b>	<b>41</b>
3.1	APLICAR A TEORIA DE PIAGET À PRÁTICA PEDAGÓGICA	41
3.2	A QUESTÃO DOS ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO	45
3.3	A TEORIA DE PIAGET: ALGUMAS IMPLICAÇÕES NA SALA DE AULA	49
3.4	A INFLUÊNCIA DAS PESQUISAS EM DIDÁTICA DE VERGNAUD NO DELINEAMENTO DE NOVOS MARCOS TEÓRICOS DA TEORIA DE PIAGET	52
3.5	INFERÊNCIAS METODOLÓGICAS E A ENGENHARIA DIDÁTICA	56
3.6	UM AMBIENTE INVESTIGATIVO EM SALA DE AULA	58
3.7	AS ATIVIDADES PARA UMA AULA INVESTIGATIVA	61
3.8	O PAPEL DO DIÁLOGO E DAS CONVERSACÕES NO ENSINO E NA APROPRIAÇÃO DOS CONCEITOS	63
3.9	A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO A PARTIR DO ERRO	66
3.10	O ENSINO DE CIÊNCIAS E FÍSICA	68
3.11	ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA	71
<b>4</b>	<b>AS ETAPAS DE UMA AULA SOBRE CONHECIMENTO FÍSICO</b>	<b>73</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA</b>	<b>78</b>
5.1	A ESCOLA, OS ALUNOS E A PROFESSORA	80

5.2	A SEQUÊNCIA DE SITUAÇÕES-PROBLEMA SOBRE SOBRE CONHECIMENTOS FÍSICOS E MATEMÁTICOS: O PRODUTO EDUCACIONAL	80
5.3	AVALIAÇÃO	82
<b>6</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>84</b>
6.1	UM PANORAMA SOBRE A SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES	86
<b>6.1.1</b>	<b>Construindo a ideia de densidade</b>	<b>87</b>
<b>6.1.2</b>	<b>A Influência da quantidade de água sobre a fluabilidade</b>	<b>90</b>
<b>6.1.3</b>	<b>O Problema do barquinho de alumínio</b>	<b>91</b>
<b>6.1.4</b>	<b>A Densidade e o mar morto</b>	<b>94</b>
<b>6.1.5</b>	<b>Massa e volume</b>	<b>98</b>
<b>6.1.6</b>	<b>O que é volume?</b>	<b>102</b>
<b>6.1.7</b>	<b>O Problema do copo</b>	<b>106</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>111</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>114</b>
	<b>APÊNDICE A - O PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>122</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O método clínico piagetiano foi apropriado por estudiosos como uma nova forma de condução das pesquisas experimentais com crianças no estudo do desenvolvimento do pensamento. Segundo D'Ambrosio (2012, p. 18) e Macedo (2010, p. 66), os estudos de caso e o método clínico, de caráter qualitativo, apresentaram uma alternativa ao tratamento estatístico da época. Os resultados encontrados por Piaget eram, até então, desconhecidos das pesquisas sobre desenvolvimento cognitivo.

As origens e as vertentes epistemológicas e metodológicas do método clínico conduziram modificações em seu desenvolvimento à medida em que se davam os interesses de investigação de Piaget e seus colaboradores. Vinh Bang (1966, p. 39) considera que o método clínico está ligado a todo o trabalho de Piaget em Psicologia.

Segundo Delval (2012, p. 7), nos primeiros estudos, Piaget empregou o que denominou, inicialmente, de método clínico, e posteriormente, de método clínico-crítico. A dimensão crítica, segundo Vinh Bang, tem valor experimental e heurístico, pois se relaciona com o questionamento sistemático das afirmações do sujeito. Não se trata, simplesmente, da verificação da resposta, mas da apreensão da atividade lógica-operatória (BANG, 1966, p. 45).

Para Piaget, aprender é construir estruturas de adaptação. Ao agir sobre a realidade, o sujeito vai construindo propriedades desta ação e, por consequência, seu próprio conhecimento. As formas de organização do nosso repertório já construídas, sejam elas gestuais, intelectuais, afetivas, sociais e/ou linguísticas, se transformam diante de situações novas. Para Vergnaud, a mais importante das contribuições de Piaget, em uma visão operatória do conhecimento, são os esquemas - principal instrumento da adaptação. No entanto, o autor pondera que os esquemas lidam com situações, não apenas com objetos. São os esquemas que se adaptam às situações. (VERGNAUD, 1996, p. 12; Id., 2008, p. 98).

O emprego da palavra “construção” foi sustentado por Piaget em seus estudos que mostraram que o conhecimento não pode ser resultado de uma transmissão de conteúdos ou informações. De acordo com Becker (2003, p. 14), a aprendizagem se dá pela ação do próprio sujeito e não pelo ensino, portanto, este não pode ser visto como a fonte da aprendizagem.

O Construtivismo de Piaget teve, e ainda tem, muita influência nas discussões sobre a prática do ensino e a aprendizagem. Embora os conceitos piagetianos não sejam novos, há um crescente interesse em aproximar a teoria das questões educacionais, como mostram os dados quantitativos da pesquisa de Silva (2021).

Nogueira e Nogueira (2017, p. 98) consideram que a aproximação dos interesses pedagógicos à teoria de Piaget tem por objetivo o entendimento do mecanismo de produção de conhecimento. Em outras palavras, entender como o sujeito passa de um nível de menor conhecimento para um nível de maior conhecimento. Esse fato vai ao encontro da necessidade de conhecer como o aluno aprende e para o estabelecimento de estratégias de ensino.

Em termos históricos, no Brasil, a ideia de aplicar a teoria piagetiana no ensino surgiu por meio do movimento escolanovista. Em estratégias de ensino que valorizassem a participação do aluno como sujeito da sua aprendizagem, dada a constatação de que o conhecimento é construído pela criança mediante a ação (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2017, p. 108). Na Matemática, segundo Nogueira (2013, p. 285), desde o Movimento da Matemática Moderna (MMM), na década de 1950, o ambiente se tornou propício para fundamentar o ensino na teoria piagetiana.

Embora muitos professores se autodenominem construtivistas, acabam por adotar posturas próximas do empirismo, salienta Delval (2001, p. 79). Delval explica que a Teoria Construtivista abrange vieses epistemológicos e psicológicos, não traduzíveis diretamente à prática educacional. Por outro lado, a sala de aula está cercada de variáveis que não foram consideradas nos estudos do sujeito epistêmico de Piaget, como sua função social e cultural.

Em seus poucos escritos sobre a educação, Piaget (2000) teceu críticas ao ensino tradicional caracterizado pela crença na transmissibilidade dos conteúdos. Para Piaget, na escola tradicional, existe um círculo vicioso, ao se julgar somente pelo êxito nas provas e, portanto, na valorização da memorização. Quanto ao ensino da matemática, ressaltou o equívoco de que, para ensiná-la, basta o conhecimento desta, sendo a preocupação com a maneira pela qual as noções se constroem efetivamente no pensamento da criança dispensáveis (PIAGET, 2000, p. 56).

Neste sentido, quais seriam as implicações das concepções construtivistas para o ensino? O Construtivismo orienta-nos nas interpretações sobre como o aluno elabora seus entendimentos, a partir dos conhecimentos que ele já tem. Nas palavras de Delval: “*o conhecimento é um instrumento para a ação e modifica-se na ação*” (DELVAL, 2001, p. 80). Segundo Becker (2003, p. 14), no ensino com bases na Teoria Construtivista, a função do professor é ofertar e mediar situações que valorizam a construção do aluno e das suas ideias, e apresentar instrumentos de conhecimento.

Em seu texto, Piaget (2000, p. 60) insiste na valorização da atividade real e espontânea da criança ou do adolescente, e enfatiza a dificuldade do adulto em colocá-la em evidência. Todavia, é somente por meio desta atividade, orientada e incessantemente estimulada pelo

professor, bem como, pela liberdade das experiências, nas tentativas e nos erros, que se conduzirá à autonomia intelectual.

Perante o exposto, a presente pesquisa tem por interesse investigar as contribuições do quadro teórico piagetiano e do método clínico pertinentes para o aperfeiçoamento dos procedimentos didático-pedagógicos da prática em sala de aula, e, por consequência, na construção dos conhecimentos dos alunos.

Para se apoderar desses princípios teóricos, o caminho metodológico-didático se alinha ao ensino por investigação e à figura do professor pesquisador da sua própria prática. O trabalho aqui apresentado refere-se a uma Engenharia Didática (ARTIGUE, 1998), organizada e articulada por meio de uma sequência de aulas sobre conceitos físicos e matemáticos. Em coerência com o aparato teórico, a pesquisa se insere em uma abordagem qualitativa (CRESWELL, 2007). A metodologia da pesquisa segue detalhada no Capítulo 5.

Para nortear esta investigação, buscou-se responder: “Quais as contribuições do método clínico como ferramenta didático-pedagógica em uma sequência de atividades pautadas no ensino por investigação sobre conceitos de Física e Matemática?”. Na descrição das análises da aplicação das atividades, contempladas no Capítulo 6, avaliou se o estudo possibilitou discussões acerca: (i) das contribuições do método clínico de Piaget como estratégia didática e pedagógica; (ii) do método clínico aliado a um ambiente de aprendizagem investigativo; (iii) das atividades da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) como ferramenta para construção dos conhecimentos físicos e matemáticos; (iv) da influência das conversações para a construção dos conceitos; (v) da apropriação do professor como pesquisador da sua própria prática; (vi) das questões pertinentes do decurso das aplicações em sala de aula para a produção do produto educacional.

Diante disso, no capítulo 3, procurou-se recuperar as considerações da Didática da Matemática; como também, elementos da teoria neopiagetiana dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, que, segundo Moreira (2002, p. 8), oferece um referencial mais frutífero do que o piagetiano no que se refere aos estudos do desenvolvimento cognitivo e da aprendizagem de competências complexas. As considerações de Vergnaud se aproximam dos interesses da sala de aula, como mostram seus estudos sobre as estruturas aditivas e multiplicativas (VERGNAUD, 2009), com base nas análises das dificuldades, dos erros e das representações (procedimentos) dos alunos nessas áreas.

Vergnaud (1998, p. 180) considera que os professores devem oferecer condições para que seus alunos desenvolvam seus repertórios de esquemas e representações, para que, assim,

possam enfrentar situações cada vez mais complexas por meio de invariantes operatórios (conceitos em ato e teoremas em ato).

Enquanto Piaget se ocupou no estudo das interações do sujeito diante do objeto, Vergnaud estudou o *sujeito em situação*, o funcionamento cognitivo do sujeito diante de uma variedade de situações e teorias. Além disso, Vergnaud reconhece as contribuições de Vigotski nos atos de mediação do professor em sala de aula. Os símbolos e a linguagem são importantes para estabelecer um meio de ação ou para raciocinar sobre informações: “*A escolha das situações é uma competência essencial dos professores. Sua tarefa mais difícil é oferecer oportunidades para que as crianças desenvolvam seus esquemas potenciais na zona de desenvolvimento proximal, como observou Vigotski*” (VERGNAUD, 1998, p. 181).

Apesar da teoria dos campos conceituais ter seus pilares em Piaget e Vigotski, para Vergnaud, nenhuma delas considerou a importância das situações e das conceitualizações específicas no desenvolvimento cognitivo. Em seu texto Vergnaud (1998, p. 181), aponta que a teoria dos estágios do desenvolvimento não oferece nenhuma orientação de ensino útil aos professores.

Os estágios do desenvolvimento foram objeto de discussão entre teóricos e educadores. O processo responsável pela passagem de um estágio para outro mais sofisticado é considerado por Bruner (1997, p. 65) como um vão existente na teoria de Piaget. Embora a teoria não esclareça as causas do desenvolvimento, ela direciona para a compreensão de que o desenvolvimento mental segue um curso invariante, marcado pelos processos de desequilíbrio, assimilação e acomodação.

Em uma perspectiva contemporânea, o estudo de Facci *et al.* sobre a Periodização do Desenvolvimento Humano com base em Vigotski e colaboradores, explicita que o sistema educacional está organizado com a expectativa de que a criança, em determinado período escolar, tenha uma capacidade prévia de resolver determinadas tarefas, privando-se do trabalho de analisar a forma e as relações estabelecidas com a realidade, a singularidade do seu desenvolvimento e as mediações realizadas no processo educativo. Em outras palavras: “*a educação não avalia a atuação das forças propulsoras que orientam o desenvolvimento, tampouco investiga como se dá a transição entre os períodos*”. (FACCI *et al.*, 2023, p. 190).

A exposição acima abrange e justifica parte da fundamentação teórica desta dissertação. O capítulo seguinte descreve o método clínico das suas origens e modificações com base nas obras de Jean Piaget e colaboradores, Bovet, Inhelder e Sinclair (1975), Kesselring (1993), Castorina e colaboradores (1988), Lino de Macedo (2010), Juan Delval

(2012, 2006, 2001), Parrat-Dayan (2008), Morgado e Parrat-Dayan (2006), dentre outras dirigidas para a teoria piagetiana e o método clínico (crítico).

Como inspiração para as atividades trabalhadas e propostas no produto educacional da pesquisa, recorreu-se ao estudo de Piaget e Inhelder (1975): “O desenvolvimento das quantidades físicas na criança”. Assim como, as inferências dos estudos de Becker (2003, 2007, 2012, 2019, 2020) sobre: a Teoria Construtivista, a epistemologia do professor de matemática e do professor-pesquisador. A Ponte, Brocardo e Oliveira (2003), Alrø e Skovsmose (2010), aos trabalhos de Carvalho e colaboradores (1998, 2013), dentre outros, sobre o papel da investigação em cenários de ensino e aprendizagem. Discorrer-se, no Capítulo 4, sobre as “*Etapas de uma aula sobre conhecimentos físicos*” com base no livro de Carvalho *et al.* (1998), um dos referenciais de base para elaboração, aplicação e análise da SEI propostas nesta pesquisa.

Os resultados aqui apresentados são reflexões sobre a prática de ensino da pesquisadora em sua própria sala de aula. As atividades foram trabalhadas com uma turma de sétimo ano de uma escola do município de Porto Alegre, na qual atua como professora de Matemática há quase dois anos. As provocações para este estudo, nasceram da necessidade de compreender como os alunos constroem seus entendimentos diante dos conceitos físicos matemáticos. Percebeu-se, nas experiências das aulas, que, quando falam sobre seus modos de compreender e argumentam em pares, os alunos conseguem perceber suas falhas e, por si mesmos, reorganizar seu pensamento e corrigi-las.

Falar e expor suas dificuldades, nem sempre, é uma tarefa fácil para os adolescentes. Abrir espaço para os alunos falarem é um exercício de superação da monotonia da sala de aula tradicional. Embarcar no pensamento do outro pode redirecionar os objetivos e o andamento da aula. Ao professor, cabe lidar com as suas próprias ansiedades e angústias quanto aos graus de incertezas de uma aula não tradicional.

No último capítulo, foram realizadas as considerações finais, avaliando aspectos relevantes à vista dos objetivos estabelecidos e dos resultados analisados.

Por fim, na sequência, são apresentadas as referências, os apêndices e os anexos.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

As pesquisas sobre aprendizagem e construção do conhecimento matemático (ALRØ; SKOVSMOSE, 2010; BECKER, 2012, 2019) e físico (CARVALHO, 2013; CARVALHO; SASSERON, 2015; MOREIRA, 2018, 2021) mostram que, em uma aula conduzida sob a

metodologia do ensino tradicional, a repetição de exercícios parece ser algo natural e inerente à disciplina. Aos alunos, cabe memorizar o passo a passo da resolução de cada exercício, sem estabelecer relações significativas sobre o que estão fazendo. O aluno memorizador costuma obter um rendimento aceitável em notas e, assim, é considerado um “bom aluno” pela escola, pelos pais e pelo professor.

O estabelecimento do certo e errado, sem explicitar os critérios ou os porquês das correções, é característica do que Alrø e Skovsmose (2010, p. 26-27) denominam de “*absolutismo burocrático*”. Em uma sala de aula dentro deste contexto, não há espaço para a discussão das respostas e resoluções. As justificativas são amparadas por uma figura de autoridade, o professor ou, até mesmo, o livro didático.

Para Mrech (1999, p. 6-9), o modelo de transmissão tradicional é a-histórico, linear e insuficiente, pois impede que o professor perceba as especificidades de seus alunos e os escute um a um e os aprenda em suas subjetividades. No ensino tradicional vigente, a prática de ensino segue o modelo da comunicação linear de sentido único, do professor para o aluno, firmado na crença de que professores transmitem e alunos aprendem diretamente o que lhes foi apresentado.

A comunicação no processo de aprendizagem, segundo Alrø e Skovsmose (2010, p. 12), vai além de transferências simples de uma parte para outra. Aprender envolve experiências pessoais que acontecem em contextos sociais compostos por relações interpessoais. Alrø e Skovsmose pontuam que a aprendizagem depende da qualidade das relações interpessoais que se manifestam pela comunicação e pelo diálogo.

Ao refletir sobre a sala de aula na qual a sequência de atividades da pesquisa foi aplicada, descrita no Capítulo 5, confirmou-se a importância de fazer com que os conceitos trabalhados tenham significado para os alunos por meio das interações discursivas. Para isso, a proposta foi trabalhar um conjunto de situações-problemas em uma estratégia de Engenharia Didática.

A condução deste trabalho teve base no debate (diálogo, conversação) entre professor-aluno e entre aluno-aluno. Wall (2014, p. 13) e Alrø e Skovsmose (2010, p. 74), chamam a atenção para o fato de que os professores, muitas vezes, parecem prestar pouca atenção no que seus alunos estão dizendo. Segundo Wall, para estes professores, a perspectiva do aluno parece elementar, que não vale a pena ser discutida ou que demanda muito tempo para um diálogo. Essa abordagem deve dar espaço ao exercício de ouvir com receptividade e que possibilite a condução de uma discussão produtiva.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O estudo desenvolvido, intitulado “O método clínico piagetiano e sua aplicação no ensino de conceitos físicos e matemáticos”, nasceu das reflexões do dia a dia da sala de aula de Matemática da pesquisadora. Assim como, da necessidade de estabelecer um ambiente de ensino no qual os estudantes pudessem ter lugar de fala e para produzir conhecimento. Ao romper com “*O professor, na posição de sujeito suposto tudo saber, que procura sustentar o controle sobre ensinar uma matéria, sobre responder às perguntas do aluno, sobre pressupor o que o aluno sabe ou não*” (CABRAL, 2021, p. 114), é possível estabelecer um ambiente de aprendizagem democrático e investigativo (ALRØ; SKOVSMOSE, 2010).

Nesse ambiente, o professor investiga tanto a forma como seus alunos entendem os conceitos envolvidos, ao mesmo tempo em que examina suas estratégias didático-pedagógicas. Se aproximar de como o aluno aprende é um dos caminhos apontados por Becker (2008, p. 8) para mudanças significativas nas práticas docentes. Esse é o professor-pesquisador: ele ensina e reflete sobre seus resultados e suas ações didático-pedagógicas (BECKER, 2008, p. 15-16). A ação investigativa do professor-pesquisador sobre sua própria sala de aula encontra suporte metodológico na Engenharia Didática (ED) de Michele Artigue (1998, 2002).

Cabe ressaltar, que não se trata de uma investigação sistemática de investigação clínica e diagnóstica por meio do método clínico. Não é uma pesquisa voltada para a Psicopedagogia ou áreas afins. Nossa intenção foi procurar suporte, do ponto de vista da dialética, no método clínico piagetiano, tais como a conversação, os contra-argumentos e o tratamento do certo-errado para verificação dos objetivos de ensino e aprendizagem de conhecimentos de Física e Matemática.

## 1.3 QUESTÃO NORTEADORA

Quais as contribuições do método clínico, como ferramenta de cunho tanto didático quanto pedagógico, em uma sequência de atividades pautadas no ensino por investigação sobre conceitos de Física e Matemática?

O texto de Macedo (2010) elucida a teoria de Piaget no contexto atual de ensino, de avaliação e pesquisa. Para o autor, o método clínico e as reações das crianças observadas por Piaget (2005) seriam pertinentes ao professor interessado nos delineamentos da aprendizagem de seus alunos. Assim como o experimentador no método clínico, o professor deve deixar o

aluno falar. Além de saber observar, saber o que perguntar, saber o que problematizar no contexto dos conceitos e das suas atividades.

Essa estratégia de trabalho pode ajudar o professor a avaliar sua própria atuação em sala de aula. Reconhecendo que a teoria do aluno tem o mesmo valor do conhecimento docente, dito socialmente como melhor, mas que, enquanto prova ou valor instrumental, é assistemático, contraditório e pouco explicativo (MACEDO, 2010, p. 112).

Segundo Keback (2007, p. 41-42), o professor que deseja adotar os caminhos do Construtivismo na sua prática docente deve, também, se apoderar das noções sobre o Método Clínico. Isto significa que o professor deve ter uma postura de observador das condutas dos seus alunos e, portanto, de pesquisador. O professor-pesquisador orienta seus alunos nos processos de aprendizagem, apresenta conteúdos desafiadores e, conseqüentemente, proporciona momentos criativos e reflexivos em sala de aula. Para Keback, o método clínico é mais que uma ferramenta experimental, por meio de algumas adaptações possíveis, pode se tornar uma ferramenta que concede novos olhares e posicionamentos sobre a prática pedagógica.

Nesse sentido, em uma sala de aula construtivista, professor e alunos atuam, pesquisam de modo colaborativo. As investigações dos alunos referem-se à busca de soluções aos desafios propostos pelo professor. As pesquisas do professor buscam compreender os processos de aprendizagem, as condutas psicossociais, os argumentos e a maneira de interagir dos alunos para ajudar no avanço progressivo de suas elaborações. Em suma, este professor entende sua ação como mediador nas relações de pesquisa entre seus alunos, considerando os fatores sociais envolvidos (KEBACH, 2007, p. 52).

#### 1.4 OBJETIVOS

O intuito do trabalho foi a elaboração de uma sequência de atividades sobre conceitos físicos e matemáticos. Investigamos as contribuições do quadro teórico piagetiano e do método clínico para o aperfeiçoamento dos procedimentos didáticos e dos procedimentos pedagógicos em sala de aula, e, por consequência, na construção dos conhecimentos dos alunos. Dos elementos do método clínico e do ensino por investigação, buscou-se discutir as questões vinculadas à condução do aluno como agente principal na construção do seu conhecimento, bem como, para a apropriação do professor como pesquisador da sua própria prática.

Das análises da aplicação das atividades, buscar-se-á verificar se o estudo possibilitou discussões acerca: (i) das contribuições do método clínico de Piaget como estratégia didático-metodológica; (ii) do método clínico aliado a um ambiente de aprendizagem investigativo; (iii) das atividades da sequência de ensino investigativa como ferramenta para construção dos conhecimentos físicos e matemáticos; (iv) da influência das conversações para a construção dos conceitos; (v) da apropriação do professor como pesquisador da sua própria prática; e (vi) das questões pertinentes do decurso das aplicações em sala de aula para a produção do produto educacional.

## 2 O MÉTODO CLÍNICO DE PIAGET

A proposta deste capítulo é descrever, à luz do referencial bibliográfico, o método clínico piagetiano, em sua composição inicial, seus princípios epistemológicos e históricos. Assim como, as conexões das características do método com a formação de Piaget como biólogo e de suas experiências como integrante do grupo de pesquisa de Binet-Simon. Aborda as modificações do método, que ocorreram ao longo dos anos de estudo de Piaget e seus colaboradores; bem como, os princípios metodológicos do método clínico que confrontam outros métodos do estudo do desenvolvimento cognitivo infantil do século XX, como as hipóteses behavioristas e apriorista<sup>1</sup>.

### 2.1 A CONCEPÇÃO DO MÉTODO CLÍNICO DE PIAGET

Kesselring (1993, p. 65) descreve Piaget como um “transgressor” de fronteiras acadêmicas, pois a obra piagetiana abarca além da interdisciplinaridade, uma pluralidade de questões de diferentes áreas de estudo. Segundo Kesselring, Piaget concentrou seus trabalhos na busca de compreender como se dá a construção do conhecimento no ser humano e sobre a Psicologia do Desenvolvimento.

Piaget confrontou diferentes posições científicas no plano biológico e comportamental; como a Psicologia Behaviorista, que acredita que a mente infantil é um depósito para qualquer informação que se queira colocar a qualquer momento. Além da Biologia do Comportamento (etologia), inspirada no Neodarwinismo, que considera que o comportamento e o conhecimento humano sustentam-se em habilidades inatas e hereditárias (KESSELRING, 1993, p. 67).

No decorrer dos seus anos de estudo, Piaget desenvolveu o Método Clínico como ferramenta experimental. Por meio da análise das respostas das crianças de determinadas idades, classificou as quatro etapas do desenvolvimento cognitivo e a teoria da Epistemologia Genética. Conforme Castorina, Fernández e Lenzi (1988, p. 58), a caracterização da Psicologia Genética não poderia deixar de passar pelo método clínico. O procedimento de indagação clínica é o mais conveniente para entender a organização intelectual e determinar o funcionamento cognoscitivo de algumas psicopatologias.

---

<sup>1</sup> Conforme Kesselring (1993, p. 74), Piaget se opôs em relação às explicações científicas do comportamento (etologia e o behaviorismo) e do conhecimento (empirismo e apriorismo), assim como às teorias da evolução biológica (lamarckismo e neodarwinismo).

O método clínico é um processo de conversação entre o experimentador e a criança, por meio da proposição de determinadas tarefas e de materiais concretos. As perguntas são permeadas por hipóteses gerais feitas pelo experimentador, relativas à organização cognitiva do sujeito. Registram-se os dados por gravação ou anotações, a fim de, posteriormente, analisá-los (KEBACH, 2007, p. 42-45; MORGADO; PARRAT-DAYAN, 2006, p. 322).

Mas como surgiu e estruturou-se o método clínico? Quais as origens das vertentes teóricas e as experiências que conduziram as inferências de Piaget na evolução do método? As próximas linhas apresentam os caminhos teóricos e da prática de Piaget que o conduziram para a elaboração do método clínico.

De acordo com Kesselring (1993, p. 28), aos vinte e três anos de idade, Piaget frequentou o curso de Psicologia na Universidade de Paris. Nesse período, Piaget percorreu os domínios da Psicopatologia, da Psicanálise e da Lógica; além da investigação da Psicologia da criança e da prática clínica. Na sua estadia em Paris, Piaget trabalhou com Binet e Simon, este último foi o inventor do primeiro teste de inteligência, a Escala Binet-Simon, base para os futuros testes de QI. Simon solicitou que, durante o trabalho no laboratório, Piaget padronizasse os testes de inteligência do inglês Cyril Burt para as crianças francesas.

Em Paris, no início do século XX, de acordo com Ouvrier-Bonnaz (2011 *apud* RIBEIRO, 2018, p. 161-162), houve um crescente interesse dos políticos franceses em organizar racionalmente a sociedade de acordo com os interesses escolares. Foi um período histórico, que evidencia a ciência num lugar que antes fora da religião. Um dos lugares para a aplicação e investimento dessa política foi o laboratório de pedagogia experimental de La Grange-aux-Belles gerenciado por Binet, em 1905. No laboratório, foram realizados experimentos métricos de inteligência na escala Binet-Simon, por encomendas e financiamento do Ministério de Instrução Pública do governo da terceira república francesa<sup>2</sup>. Segundo Ribeiro (2018, p. 163), foi em La Granges-aux-Belles que começou aparecer alguns aspectos iniciais do que viria a ser o Método Clínico.

Segundo Gardner (1995, p. 12), os testes de QI de Alfred Binet prediziam quais crianças francesas iriam ter sucesso e quais iriam fracassar. Algum tempo depois, os testes chegaram ao encontro da crescente tendência do modelo behaviorista americano. De acordo com Gardner, para a Comunidade de Psicologia Americana, a inteligência poderia, então, ser quantificável e as pessoas ordenadas mediante suas capacidades mentais à medida em que resolvessem problemas linguísticos e lógico-matemáticos.

---

<sup>2</sup> Pode ser traduzida por “educação” segundo Ribeiro (2018).

Marquezini *et al.*, Mayer e Ribeiro e Souza, afirmam que foi no laboratório de Alfred Binet e nos hospitais psiquiátricos Sainte-Anne e Salpêtrière, que Piaget iniciou a elaboração de sua síntese metodológica, que, posteriormente, se tornaria o método clínico. Do trabalho com a psicometria de Binet, Piaget sistematizou-o e adequou-o ao estudo do pensamento infantil, realizando variações de um mesmo problema, invertendo ordens e retomando situações anteriores. Os testes deixaram de ser um raciocínio verbal e assemelhavam-se a um diálogo, em uma nova forma de fazer perguntas, intercalando as "conversações" com a manipulação direta de materiais. Para Piaget, a psicometria não podia revelar nada de significativo ou confiável em relação ao caráter do pensamento de uma criança. Conduziu, assim, atenção aos erros sistemáticos e comuns das crianças que, até então, eram negligenciados (MARQUEZINI *et al.*, 2017, p. 39; MAYER, 2005, p. 365-378; RIBEIRO; SOUZA, 2020, p. 18).

As influências da formação de Piaget em Biologia e Zoologia influenciaram no delineamento do método clínico. As observações sobre o desenvolvimento de moluscos e de outros seres vivos diante da mudança do ambiente são análogas com as investigações na Psicologia do Desenvolvimento. Do mesmo modo, o método clínico envolve modificações das perguntas e dos problemas para observar o modo como a inteligência se adapta (RIBEIRO; SOUZA, 2020, p. 21).

Mayer (2005, p. 362) considera a fusão dos três domínios da formação de Piaget que influenciaram na concepção do método clínico: a observação naturalística, a psicometria e o exame clínico psiquiátrico. O primeiro refere-se aos trabalhos de Piaget como biólogo, o segundo ao período de estudos no grupo de Alfred Binet e a psiquiatria sob a influência de seu mentor em Psicologia Edouard Claparède. Conforme Mayer, Piaget foi pioneiro na adaptação dos métodos naturalistas para o estudo do comportamento infantil.

## 2.2 A RECEPTIVIDADE DO MÉTODO CLÍNICO

Segundo Castorina, Fernández e Lenzi (1988, p. 59), o método clínico foi uma inovação metodológica na Psicologia do Desenvolvimento, marcada até então pela observação pura dos comportamentos infantis e pela psicometria. No entanto, ocorreram resistências teóricas daqueles que não consideravam o ponto de vista infantil no estudo do desenvolvimento. As críticas metodológicas ao método de Piaget levantaram suspeitas de subjetividade, especialmente as pesquisas referentes à inteligência sensório-motora. Para

alguns teóricos, o interrogatório do método não envolvia rigorosidade experimental e, portanto, estaria fora da Psicologia Científica.

Parrat-Dayan (2008, p. 159-160) discorre sobre a aceitação e a significação dos trabalhos de Piaget pela comunidade científica do período de 1920-1930. Segundo Parrat-Dayan, alguns estudiosos da época especularam sobre o método clínico piagetiano, que ainda estava em desenvolvimento e estruturação, como Besseige (1925), Boujarde (1927), Ferrière (1927), Lynd (1927) e R. Duthil (1929). Esses estudiosos consideravam o método clínico piagetiano insuficiente, ao valorizar a alogicidade infantil e negligenciar aspectos providos do esforço hereditário. Além disso, entendiam que a não elaboração prévia das questões do interrogatório poderia criar explicações falsas na mente das crianças e, conseqüentemente, um atraso no desenvolvimento. Parrat-Dayan destaca que Duthil criticou a ausência de uma escala de medida, já para Lynd, o método não serviria para estudar a compreensão infantil.

Por outro lado, Claparède foi receptivo à diferenciação de Piaget do pensamento infantil do adulto. Segundo Parrat-Dayan (2008, p. 163-165), Claparède destacou a originalidade do método clínico ao deixar a criança falar, possibilitando aproximar-se da compreensão do seu pensamento. Claparède considerava que a mentalidade infantil não poderia ser entendida como inferior à do adulto, pois trata-se de um outro tipo de pensamento.

Claparède foi psicólogo do desenvolvimento infantil e mestre de Piaget. O texto de Delval (2012, p. 83) ressalta que Claparède dedicou elogios à primeira obra de Piaget, intitulada "A linguagem e o pensamento na criança" (1923). Conforme Delval, para Claparède, até então, os processos de inteligência infantil eram entendidos como resultados quantitativos. Por meio do tratamento piagetiano das respostas infantis, começava-se a apreciar uma perspectiva mais qualitativa.

Alguns estudiosos consideraram as descobertas teóricas e metodológicas de Piaget positivas, enquanto outros avaliaram ser subjetivo, pouco ou nada científico. Delval (2012, p. 84) cita Vygotsky como um dos apreciadores do método clínico, considerando uma ferramenta inestimável para o estudo das estruturas complexas do pensamento infantil.

Nos anos 60, o método de Piaget continuava a ser reprovado por psicólogos comportamentalistas, como destacam Gowin e Novak (1984, p. 135-136). Do ponto de vista da vertente comportamentalista, não se deve examinar os processos internos da mente (os padrões de raciocínio), mas, tão somente, o comportamento manifesto. Segundo Gowin e Novak, a Psicologia Comportamental começou a declinar ao longo dos anos 70, período no qual houve mais espaço para as entrevistas baseadas no método clínico de Piaget. Os

pesquisadores passaram a se interessar pelo porquê do fracasso das crianças em determinadas tarefas.

No entanto, Gowin e Novak (1984, p. 136) salientam que estudiosos das décadas de 70 e 80 retomaram algumas críticas quanto às ideias piagetianas. Inerente ao método de entrevista piagetiano, consideravam restrito e limitado nas interpretações dos dados obtidos. Os próprios autores, Gowin e Novak, consideram que Piaget falhou em não dar reconhecimento ao papel da linguagem e as estruturas específicas dos conceitos relevantes no desenvolvimento dos padrões de raciocínio das crianças.

Bruner (1997, p. 70) discorre sobre divergências entre as abordagens piagetianas e vigotskiana. Para o autor, Vigotski buscou dar conta de como alguém interpreta e compreende alguma coisa e Piaget manifestou, majoritariamente, preocupação com a ontogênese da *explicação causal* e de sua *justificação lógica empírica*.

Vigotski direcionou-se para a ontogênese da *interpretação* e da *compreensão*. Portanto, voltou-se para uma abordagem histórico-cultural, ao se preocupar com os sentidos contextualizados e as situações contextualizadas de construção de significado. Nas palavras de Bruner:

Piaget vislumbrou métodos de pesquisa e uma teoria apropriada para analisar como as crianças explicam, e como justificam suas explicações – e fez isso brilhantemente. O preço que ele pagou, obviamente, foi o preço usual que se paga por ignorar o contexto, dinâmicas transacionais, conhecimento contextualizado e variação cultural. Dar-se conta de como alguém interpreta ou compreende alguma coisa, o que foi preocupação de Vigotski, requer que se considere o contexto linguístico e cultural de tal indivíduo, e o contexto no qual tal indivíduo e tal coisa se situam em termos de situações circunscritas, no sentido de situações comunicacionais particulares, e ainda, ao fundo, um sistema cultural padronizado (BRUNER, 1997, p. 70).

Gardner (1995, p. 15), criador da teoria das inteligências múltiplas, entende que a capacidade cognitiva humana se relaciona a um conjunto de habilidades ou competências numa perspectiva pluralista. Gardner considera que Piaget acreditou ter estudado toda a inteligência, entretanto, não o fez, ao considerar exclusivamente a inteligência lógico-matemática, ou capacidade lógico matemática e científica. Gama (2014, p. 688) ressalta que, embora Gardner tenha sido influenciado por Piaget, discorda que os significados são estruturados na mente humana em função do valor presente nos objetos, que a simbolização parte de uma mesma função semiótica. De acordo com Gama, para Gardner, os processos psicológicos independentes são empregados quando o indivíduo lida com sistemas simbólicos diferentes, como os símbolos linguísticos, musicais, dentre outros.

A pesquisa de Eichler (2015) traz a difusão dos dados quantitativos da obra de Piaget, por meio da análise bibliográfica, na base de dados de artigos indexados no Web of Science. Eichler (2015, p. 45) identificou um aumento de citações referentes à obra de Piaget no período entre os anos 1950 e no início da década de 1977, principalmente nos campos da Psicologia e da Educação. Conforme Coll e Martí (2004, p. 48), este período condiz com o momento em que Piaget e seus colaboradores, Bovet, Inhelder e Sinclair, dão espaço aos interesses psicológicos de forma subsidiária aos epistemológicos.

O estudo de Piaget abriu discussões na comunidade pedagógica da época. Contribuiu para reflexões e reações sobre a intervenção do educador na educação; além de uma visão mais qualitativa nos testes e na evolução do pensamento da criança. Por isso, segundo Parrat-Dayan, na visão de outros autores, Piaget não direcionou a devida atenção à importância do papel do pedagogo no processo de construção da inteligência infantil (PARRAT-DAYAN, 2008, p. 162-163).

As apreciações ao trabalho de Piaget foram delimitadas por Lourenço e Machado (1996 *apud* BARTELMEBS, 2014, p. 157), que elaboraram uma síntese das dez principais críticas direcionadas à teoria piagetiana, verificando a pertinência delas dentro do estudo da epistemologia genética. Esta lista mostra que grande parte das críticas não são especificamente à teoria, mas às questões lógicas da teoria. Podem ser interpretadas como discordâncias com outras teorias do desenvolvimento humano, que derivam:

(A) de interpretações equivocadas difundidas da obra de Piaget; (B) da forma incorreta de supor que muitas controvérsias a respeito de sua teoria podem ser resolvidas empiricamente ou metodologicamente antes de serem esclarecidas conceitualmente; (C) ignoram as várias modificações da teoria piagetiana, particularmente aquelas elaboradas a partir de 1970, e (D) o esquecimento da dialética construtivista e desenvolvimentista da abordagem de Piaget para o desenvolvimento humano (LOURENÇO; MACHADO, 1996 *apud* BARTELMEBS, 2014, p. 157).

Um estudo mais recente, de Silva (2021, p. 216-223) examinou a influência da teoria piagetiana nos cursos de pós-graduação *stricto sensu* na área de Educação, principalmente durante o período de 2010-2019. Os resultados da investigação mostraram: (i) aumento significativo das pesquisas que citaram Piaget, principalmente no período de 2010 até 2015, com uma tendência descendente a partir do ano de 2016; (ii) os cursos com maiores contribuições são da grande área das Ciências Humanas e da Educação; (iii) a teoria de Piaget é atual, embora, necessariamente, não seja uma teoria nova; e (iv) as influências são relevantes no Brasil, com maior predominância de trabalhos na região Sul (47%) e Sudeste

(34%) que pode estar associado à quantidade de programas de pós-graduação oferecidos por estas regiões.

### 2.3 AS MODIFICAÇÕES NO MÉTODO CLÍNICO

De acordo com Morgado e Parrat-Dayán (2006, p. 322), o método clínico proposto por Piaget sofreu adaptações, desde os primeiros trabalhos sobre o comportamento linguístico e o pensamento na criança pequena no início dos anos 20, até os estudos sobre o funcionamento cognitivo e a estrutura do pensamento humano, no final dos anos 30. Com contribuições de Vinh-Bang (1966), um dos colaboradores de Piaget, que descreveu as modificações na estruturação do método ao longo dos anos. Além de Bärbel Inhelder, quanto ao trabalho de aperfeiçoamento do método a partir dos anos 30, resultando em algumas obras do trabalho em parceria com Piaget.

Segundo Castorina, Fernández e Lenzi (1988, p. 58-59), o método passou por múltiplas variações históricas não podendo ser tratado de modo a-histórico, sem considerar suas propriedades e variações ao longo dos anos de estudo de Piaget e de seus colaboradores. Isso nos leva a afirmar que as transformações do método clínico piagetiano estão diretamente ligadas às necessidades que foram sendo colocadas durante a trajetória de pesquisa de Piaget.

Na exploração das crenças infantis, em especial, na obra “A representação do mundo na criança” (2005), o método consistia em uma conversação por meio de perguntas que eram formuladas a partir das respostas das crianças e das hipóteses levantadas pelo experimentador. Neste momento, o método foi análogo ao exame clínico psiquiátrico, sendo denominado de método de exame clínico (CASTORINA; FERNÁNDEZ; LENZI, 1988, p. 58-59).

Posteriormente, em 1945, Gómez e Tau (2016, p. 66-67) relatam que as mudanças no método partiram da necessidade de apreender as primeiras manifestações de inteligência prática nos estágios pré-verbais da infância no período sensório-motor. No estudo das organizações sensório-motoras, Piaget (1975, p. 235; 278) observou as condutas lógicas do bebê por meio de suas ações e percepções sobre o mundo que o rodeia: dos primeiros reflexos: preensão, visão, sucção etc. (reações circulares primárias) e a coordenação entre eles (esquema de meio; esquema de fim).

A observação conduzida por Piaget no estudo das primeiras manifestações da inteligência pode ser confundida, do ponto de vista metodológico, com um retorno à observação pura, criticada pelo próprio Piaget (2005, p. 13). Essa problemática é esclarecida por Vinh Bang (1966, p. 43): embora adotado um caminho não verbal, ao realizar a leitura

destas observações, Piaget as conduzem por meio de experimentos reais (extraídas do próprio convívio familiar com seus filhos), com hipóteses explícitas e com variações sistemáticas de condições. Corroborando Bang, Castorina, Fernández e Lenzi (1988, p. 63), mesmo na observação, se faz necessária a atividade do experimentador, quando se evidencia ou refuta as hipóteses levantadas.

Vinh Bang (1996, p. 45) destaca que, do trabalho colaborativo de Inhelder e Szeminska com Piaget, (1941 a 1951), sobre a investigação das quantidades físicas, do número, do tempo, do espaço, etc., o método clínico foi consolidado: passaram a empregar o método num procedimento misto de entrevista verbal e manipulação de material.

O misto de perguntar (entrevistar) juntamente com a manipulação de objetos que podem ser deformados (alongados, encurtados, fragmentados, deslocados em sentido contrário, etc.) foram adequados mediante a necessidade de Piaget em investigar como se davam os sistemas de ações ou transformações subjacentes aos argumentos de conservação das crianças (CASTORINA; FERNÁNDEZ; LENZI, 1988, p. 68).

Bovet, Inhelder e Sinclair (1975, p. 40) descrevem duas características principais que caracterizam o método clínico-crítico. Primeiro, os procedimentos alinhados a um interrogatório e à observação dos comportamentos originais, espontâneos e imprevistos das crianças, assumem um caráter mais sistemático em comparação com o método de estudos anteriores. Segundo, o diálogo entre a criança e o experimentador por intermédio da exploração de variadas situações experimentais, enfatizam os aspectos críticos e reveladores do problema.

O método clínico-crítico, para Castorina, Fernández e Lenzi (1988, p. 69), pode ser entendido como o estabelecimento de uma discussão sistemática entre o experimentador e a criança, a fim de que aquele verifique se as aquisições deste são ou não estáveis. Em outras palavras, entender qual o grau de equilíbrio das ações do sujeito diante do problema. Gómez e Tau (2016, p. 68) complementam que a dimensão crítica é o aspecto original do método piagetiano, diferenciando-o do método das entrevistas clínicas com fins psicoterapêuticos.

Delval (2012, p. 61) com base no trabalho de Vinh Bang (1966) aponta quatro etapas do desenvolvimento do método clínico piagetiano. A primeira, denominada de “*elaboração do método*”, concerne aos trabalhos realizados no período de 1920-1930, marcada pelo estudo da representação do mundo na criança. A segunda, a “*observação crítica*”, compreende o período de 1930-1940, dedica-se ao estudo dos primórdios da inteligência (estágio sensorio-motor). Esta, resultou em mudanças da entrevista verbal para a não verbal, devido à aplicação em sujeitos que ainda não falam. No período de 1940-1955, os estudos

contemplaram as operações mentais dos estágios concreto e formal, marcada pela manipulação de materiais, etapa denominada de “*método clínico e formalização*”. Por fim, a quarta etapa, a partir de 1955, tratou sobre a exploração crítica e da natureza dos problemas que Piaget e seus colaboradores estudavam no Centre International d'Épistémologie Génétique. As quatro etapas estão resumidas no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas do desenvolvimento do Método Clínico de Piaget

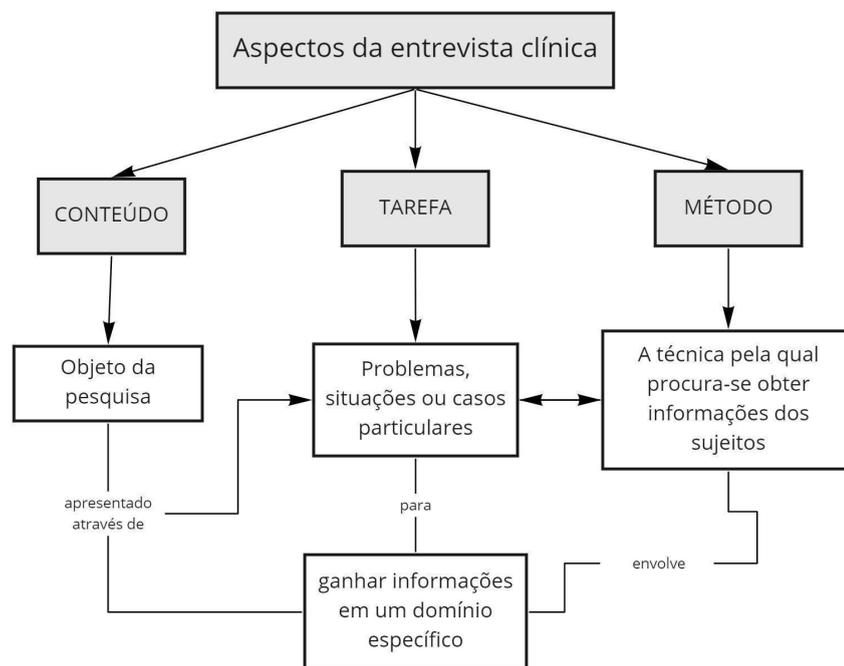
	Obras	Características
<b>Os primeiros trabalhos e desenvolvimento do método (1920 -1939)</b>	A linguagem e o pensamento na criança (1923); O juízo e o raciocínio na criança (1924)	Esboço do que viria ser o método. Busca apreender a lógica da criança por meio apenas da metodologia puramente verbal Trabalhos baseados na observação e em pequenas experiências.
	A representação do mundo na criança (1926); A causalidade física na criança (1927); O juízo moral na criança (1932)	Formulação explícita do método, suas características e dificuldades. O método clínico qualitativo em vez de contagens digitais e testes padronizados.
<b>Observação crítica (1930-1940)</b>	O nascimento da inteligência na criança (1936); A construção do real na criança (1937); A formação do símbolo na criança (1945)	O estudo das primeiras manifestações da inteligência, desde os esquemas sensório-motores às formas elementares de representação, imitação e pensamento simbólico. Observações e aplicações com os filhos, sujeitos que ainda não falam, conduzidas por experimentos reais, com hipóteses explícitas, variação sistemática de condições. Enquadram-se totalmente no método clínico ou crítico previamente definido, combinada a flexibilidade da observação aberta e o rigor do controle experimental.
<b>Método clínico e formalização (1940-1955)</b>	A gênese das quantidades físicas (1941); A gênese do número (1941); Da lógica da criança à lógica do adolescente (1955); Outros inúmeros estudos sobre a lógica e as operações físicas e matemáticas	Apogeu do método crítico: os fundamentos do questionamento clínico permaneceram inalterados, exceto que agora o uso do próprio material torna-se "clínico" ou crítico, e não mais apenas conversa oral. Abandono do método da conversação pura e simples, para um método misto: o sujeito tem que resolver tarefas a partir de sua ação ao mesmo tempo que se pedem explicações sobre o que faz. A explicação é um complemento da ação. Testes simples e "versáteis" ao mesmo tempo, que requerem apenas material rudimentar. Colaboração de Milles Szeminska e Inhelder.
<b>A partir de 1955</b>	A gênese das estruturas lógicas elementares (1959); A imagem mental na criança (1966); Memória e inteligência (1968); Monografias do Centre International d'Épistémologie Génétique	Algumas tentativas de voltar a usar dados estatísticos, com poucas alterações no método. Reunião de uma equipe interdisciplinar em Genebra, composta por lógicos, matemáticos, físicos, biólogos e psicólogos.

Fonte: Delval (2012, p. 73); Ribeiro (2018, p. 114)

## 2.4 CARACTERÍSTICAS DO MÉTODO CLÍNICO

De acordo com Rosa (2013, p. 102), existem três aspectos da entrevista clínica, naturalmente conectados (Figura 1): o conteúdo, a tarefa e o método. O conteúdo se refere ao objeto da entrevista. A tarefa se refere ao problema particular, à situação ou ao caso específico apresentado ao entrevistado. O método reporta à técnica pela qual se procura obter as informações dos sujeitos.

Figura 1- Aspectos da entrevista clínica



Fonte: Autora (2022) com base em Rosa (2013).

Rosa (2013, p. 102) aponta dois tipos de entrevista clínica: aberta e fechada. Na primeira, o entrevistador segue a orientação das respostas do entrevistado, ao invés de um roteiro pré-definido. Na segunda, o entrevistador parte de um roteiro pré-definido das perguntas a serem seguidas e não deve propor outras perguntas além destas. Para Rosa, no último tipo de entrevista, na verdade, ocorre um questionário e não uma verdadeira entrevista. Rosa considera interessante que o entrevistador, de forma neutra, mude o caminho do roteiro de perguntas para explorar as respostas do entrevistado.

Quanto aos métodos, de acordo com Rosa (2013, p. 103), são classificados em aspectos mais técnicos (formato mais rígido) e em aspectos mais fluidos (formato mais aberto). No último, semelhante à entrevista aberta, o entrevistador segue as respostas do

entrevistado, o que exige maior compreensão e domínio do conteúdo investigado. No formato rígido, as perguntas são elaboradas previamente, sem expectativa de situações inesperadas durante o processo.

No formato flexível e aberto, as respostas inesperadas fornecem informações sobre o que os sujeitos estão pensando, seus conhecimentos, suas crenças e suas causas. Além disso, essa flexibilidade permite explorar aspectos desconhecidos do pensamento do sujeito (DELVAL, 2012, p. 89).

À medida que o sujeito explica suas soluções, completas ou incompletas, para uma situação-problema, o experimentador provoca outras situações com intuito de esclarecer, completar ou contradizer (CARRAHER, 1998, p. 23-24).

No entanto, embora o método clínico admita toda essa flexibilidade, não é feito de modo totalmente livre. Delval (2012, p. 82) explica que o experimentador tem que estar sempre formulando hipóteses sobre as explicações do sujeito, suas razões e seus significados, modificando-os de acordo com o comportamento e as respostas do sujeito. Esta intervenção repetida, de elaboração de hipóteses do experimentador em tempo real, segundo Delval, é a caracterização do método clínico.

Carraher e Delval consideram que a atuação do examinador é facilitada quando este escolhe previamente as situações-problema e os procedimentos que utilizará no exame. Não se trata de um roteiro, no formato rígido de entrevista fechada, como descrito por Rosa (2013, p. 103). Pelo contrário, segundo Carraher, prevalece a flexibilidade do método clínico, evitando-se perdas de tempo com questões desinteressantes ou irrelevantes. A escolha prévia das situações a serem apresentadas permite ao examinador a formulação de objetivos claros que orientarão o seu trabalho; assim como, conhecer a estruturação do raciocínio de diversos estágios do conhecimento do conceito e formular perguntas que ajudem a esclarecer as respostas do sujeito (CARRAHER, 1998, p. 27; DELVAL, 2012, p. 90).

De acordo com Delval (2012, p. 76), por mais que o método clínico consista em conversações com o sujeito, não deve ser confundido com a metodologia da entrevista verbal. Essa perspectiva é considerada pelo autor como superficial, pois a essência do método não está na conversa, mas na interação experimentador e sujeito, bem como, na intervenção daquele na ação deste, repetidas vezes, na busca pelas explicações destas ações. Delval entende que as trocas verbais podem ser feitas sem o uso do método clínico, como na aplicação oral de questionários ou na explicação de algo.

Conforme Delval (2012, p. 76), somente ao método clínico pertence a interação experimentador-sujeito. Assim, posto diante de uma situação-problema, o sujeito deve

explicar o que acontece, enquanto, simultaneamente, o experimentador analisa e sistematiza o significado do comportamento produzido (que pode ser ações simples, em palavras ou em uma combinação de ambos). A aplicação do método clínico trata-se de:

[...] uma série de aspectos do comportamento do sujeito e, à medida que isso ocorre, realizam-se intervenções motivadas pela atuação do sujeito e cujo objetivo é esclarecer qual é o significado do que ele está fazendo. Isso pressupõe que o experimentador tem que considerar o tempo todo qual é o significado do comportamento do sujeito e da relação com suas capacidades mentais. Como isso muitas vezes não é claro, é necessário realizar intervenções que ajudem a revelar seu significado. Deste modo, a intervenção do experimentador deve ser extremamente flexível e também muito sensível ao que o sujeito está fazendo. Em cada momento de interação entre o experimentador e o sujeito, o primeiro tem que deixar claro o significado das ações ou explicações do sujeito, e assim, formular hipóteses acerca do seu significado que tenta verificar imediatamente por meio de sua intervenção (DELVAL, 2012, p. 76).

A própria história de modificações no método clínico retrata suas variações em caráter verbal, pela manipulação de um objeto juntamente com a explicação sobre as ações manipulativas, puramente manipulativas ou não verbais. Nesse sentido, o Quadro 2, toma como base a síntese realizada por Delval (2012, p. 79), que aborda a ideia comum entre essas três situações de modificações do método, sendo: a intenção do experimentador na busca por entender o significado das ações e das explicações do sujeito.

Quadro 2 - Três tipos de utilização do método clínico

Tipos	Características
<i>Entrevista livre</i> Sem material	Mantém-se uma conversação aberta com a criança, seguindo o percurso das suas ideias a respeito da explicação de um problema. O entrevistador intervém repetidamente e dirige suas perguntas para esclarecer o que a criança diz. A utilização de um material é excluída e pode ser uma limitação diante dos problemas levantados. Como quando se trata de investigar sobre fenômenos inacessíveis do mundo natural ou sobre a sociedade.
<i>Explicação de uma situação</i> Transformações de um material	A entrevista trata sobre as transformações que se produzem nos objetos que são colocados diante do sujeito. As ações deste último e suas explicações informam suas ideias. A conversação com o sujeito serve para dar-lhe instruções e ajuda-nos (experimentador) a interpretar o sentido do que ele faz.
<i>Método não verbal</i> Ações na realidade sem uso da linguagem	Introduz modificações na situação de acordo com as hipóteses e suposições do experimentador acerca do que está acontecendo na mente do sujeito. Suas ações servirão para confirmar as suposições levantadas.

Fonte: Delval (2012, p. 79, tradução nossa).

O texto “*A representação do mundo na criança*” é um exemplo de como Piaget (2005) modificou o método clínico, por meio da entrevista livre e sem objetos para manipulação, para entender como a criança constrói suas representações acerca do mundo. Segundo Delval (2007, p. 4), os seres humanos possuem como uma das suas principais capacidades a construção de representações da realidade que os rodeia, desde as forças da natureza, dos seres até as representações da vida social. Por exemplo, mover-se pela própria casa no escuro com certa facilidade está relacionado à representação de como ela é. Por meio das representações, é possível antecipar os resultados das ações e agir mentalmente, ao invés de agir sobre coisas, o que, dentro da estrutura de uma representação, é muito mais rápido e flexível.

Os estudos de Piaget evidenciam sua vertente nomotética sobre o estudo do desenvolvimento do conhecimento da criança. Essa linha de investigação o distanciou de uma perspectiva sociocultural, evidenciando o “anticultural” e o “individualismo” (BRUNER, 1997, p. 66). Em sua carta direcionada às observações críticas de Vigotski, Piaget (1990, p. 72) refere-se ao seu trabalho: “*A representação do mundo na criança*” como uma investigação sensível à análise das relações entre linguagem e pensamento do ponto de vista dos deslocamentos da centração (e descentração). Segundo Piaget, este estudo se preocupou em estudar as conversações e, sobretudo, as discussões entre crianças, para, assim, explorar as dificuldades que elas experimentaram ao saírem de seus pontos de vista (egocentrismo verbal).

[...] Estou de acordo com Vigotski quando conclui que a função inicial da linguagem é aquela da comunicação global e que mais tarde a linguagem se torna diferenciada em linguagem egocêntrica e linguagem propriamente dita. Mas não posso concordar com ele quando afirma que estas duas formas linguísticas são igualmente socializadas, porque a palavra socialização se torna ambígua neste contexto: se um indivíduo A crê erroneamente que um indivíduo B pensa como ele, e se ele não procura compreender a diferença entre os dois pontos de vista, este é, por certo, comportamento social no sentido de contato entre os dois; mas eu chamo de comportamento inadaptado do ponto de vista da cooperação intelectual (PIAGET, 1990, p. 73).

Os estudos de Delval (2002, 2007, 2009) abordam as características do método de entrevista livre, sem material. Em parceria com outros pesquisadores, buscaram entender as concepções sociais das crianças e dos adolescentes; como em investigações sobre o desenvolvimento das noções econômicas em crianças e jovens e a percepção que eles têm da estratificação social e dos próprios direitos. Os levantamentos das investigações de Delval

concluíram que as representações das crianças sobre o mundo que as rodeia se relacionam com aprendizagens escolares e com a idade.

Chakur *et al.* e Delval (1998) investigaram, por meio da entrevista verbal e do método clínico-crítico, o entendimento de 90 crianças de idades entre 8 e 16 anos sobre direitos humanos. Os pesquisadores apresentaram um problema ou conflito a ser resolvido pelo sujeito com temas sobre direito à educação, direito à alimentação, direito ao atendimento médico, dentre outros. Como resultado, verifica-se a presença de três níveis de noção de direitos humanos entre os sujeitos pesquisados, nível I (ausência de compreensão), nível II (de transição) e nível III (compreensão da coordenação e diferenciação dos direitos e deveres).

Nos estudos de Inhelder e Piaget (1975) sobre a conservação das quantidades físicas, a conversação com sujeito englobava o entendimento acerca do que este fazia e o porquê fazia. Para investigar como se dá a conservação da quantidade de matéria (conservação da substância), entregavam para a criança uma bolinha de massa, solicitando que ela fizesse outra do mesmo tamanho e peso. As questões sobre o problema iam sendo colocadas: alterava-se a forma de uma das bolinhas, alongando-a (como uma salsicha) ou amassando-o (como uma bolacha), e, ainda, dividindo-a em pequenos pedaços. Por meio destas manipulações, seguia o interrogatório: “*as duas bolinhas possuem o mesmo peso?, a mesma quantidade de matéria?, o mesmo volume?, etc.*” (PIAGET; INHELDER, 1975, p. 36). Ao responder, a criança justifica o porquê de suas afirmações.

Inhelder e Piaget (1975, p. 19-20) identificaram um padrão na conservação, que seguia a ordem de sucessão: matéria, peso e volume. A conservação do peso e do volume são noções perceptíveis, enquanto a conservação da matéria, na ausência da conservação do peso e do volume, não consegue recorrer a nenhum dado perceptivo. Assim, a matéria torna-se um conceito vago e desprovido de conteúdo, que Piaget denomina de substância. Não significa que a conservação da substância seja uma derivação do peso e do volume, mas serve para explicar o primado da operação, em relação à percepção, na constituição das noções de conservação.

Para Vergnaud (2002, p. 12), a ação se baseia na apropriação parcial dos conhecimentos certos, em um controle dos resultados da ação, pois, no fim das contas, não é possível saber o suficiente, sendo necessário agir na incerteza. A conceitualização é, portanto, uma forma de ação, constituída em informações incompletas nas quais é necessário tomar uma “*decisão cognitiva*”. O sujeito assegura que tomou a decisão correta e que está no caminho, essa decisão provoca a construção de invariantes, por meio da necessidade de

reconhecer se uma relação é verdadeira ou não, considerando uma variedade de casos. Para Vergnaud, não há conceitualização sem a construção de invariantes.

A pura ação do sujeito sobre a realidade sem nenhuma comunicação verbal é descrita na obra "*O nascimento da inteligência na criança*" (1987). Neste estudo, Piaget investigou como os reflexos sensório-motores da criança, a incluir os hereditários e inatos, suprem as necessidades do indivíduo ao meio externo. Examinando, sistematicamente, a compreensão do bebê sobre o mundo físico, observando seus próprios filhos em situações do cotidiano. No estágio sensório-motor, a criança aperfeiçoa seus comportamentos para se adaptar aos desafios externos e, pela utilização progressiva da experiência, passa a adquirir habilidades mais sofisticadas. Piaget (1987, p. 54) conclui que, na primeira infância, ocorre assimilação, acomodação e equilíbrio, e, portanto, inteligência; sendo um período marcado por expressivas e rápidas transformações mentais.

O método clínico não verbal compreende esconder objetos do campo de visão do bebê ou colocar obstáculos para alcançar objetos de desejo. Diante do desafio, o sujeito precisa apurar na sua reserva de esquemas adquiridos algum que possa resolver o problema. Se não encontrar resultado satisfatório, recorre a tentativas, como que numa sequência de acerto e erro, que se converterá, posteriormente, em uma organização mental (PIAGET, 1987, p. 261).

O estudo da atividade perceptivo-gestual dos bebês de Piaget, rompe com o conceito de esquema pautado, até então, na teoria do reconhecimento e da percepção de Revault D'Allonnes. Piaget coloca o conceito de esquema em uma teoria da ação mais que da percepção, considerando as totalidades dinâmicas funcionais. Pois, é por meio dos gestos que, ao mesmo tempo, é possível encontrar elementos e modelos mais sugestivos para análise do pensamento não verbal, do pensamento e do raciocínio, ressalta Vergnaud (2022, p. 3).

Em outro texto (1998, p. 172), Vergnaud descreve os gestos como um protótipo do funcionamento dos esquemas. Um esquema é eficiente e abrangente para toda uma gama de situações, podendo gerar diferentes sequências de ações, coleta de informações ou controle, de acordo com as especificidades de cada situação em particular.

Assim sendo, o método clínico, em todas as suas variações e utilizações, tem por intenção suprema reconstruir o caminho mental do sujeito (DELVAL, 2006, p. 214). O método de base para a construção da Epistemologia Genética (PIAGET, 1978, p. 14) tem como característica principal distinguir as raízes das diversas variedades dos conhecimentos, desde os elementares até os mais sofisticados. Em outras palavras, entender a estruturação do pensamento em diversos níveis, em um processo contínuo.

## 2.5 A REPRESENTAÇÃO DO MUNDO NA CRIANÇA

A literatura sobre as obras e as contribuições de Piaget para a Psicologia infantil são incontáveis. Todavia, há apenas um texto, no qual Piaget que se dedica à descrição das técnicas de investigação pelo método clínico, bem como, a análise dos resultados. Para fins de embasamento, apresentamos nossa interpretação sobre este texto, considerado um clássico sobre o método clínico, a saber: “*A representação do mundo na criança*” (2005). Nesta obra, Piaget investigou como a criança entende os fenômenos psicológicos, biológicos e naturais. Outro ponto investigado foi sobre o estabelecimento da distinção entre o mundo exterior de um mundo interno ou subjetivo. Piaget, ao apontar a necessidade de um método especial para o entendimento da lógica das crianças, adequou a observação direta e os testes padronizados. Além disso, descreve os erros mais comuns ao se aplicar o método clínico e o interrogatório, bem como, as reações infantis, nas quais o experimentador deve se atentar.

Piaget (2005, p. 12) explica que os testes são provas organizadas nas quais a criança é submetida, caracterizados do seguinte modo: a mesma pergunta é feita para todos os sujeitos sob as mesmas condições e as respostas são analisadas sob um mesmo padrão ou escala. Ao final, são comparadas qualitativamente ou quantitativamente. Embora a estatística dos testes apresente significado para o diagnóstico individual na Psicologia, segundo Piaget, pode falsear os resultados quando não ocorre a análise dos contextos; além de distorcer o significado das percepções, das crenças e das respostas lógicas das crianças.

Em seu trabalho com Inhelder (1975, p. 16), Piaget critica os testes com questões previamente preparadas, na forma *ne varietur*.<sup>3</sup> Para os autores, essa metodologia limita as respostas das crianças, sendo seu objetivo principal calcular o rendimento sem entender a estrutura do pensamento do sujeito. O método clínico, por sua vez, propõe uma conversa tão livre a ponto de permitir que a criança se explique e, assim, ao experimentador, cabe fazer descobertas que tampouco suspeitava. Como, por exemplo, ao transformar uma bolinha de massinha em salsicha e em bolacha, as crianças acreditam que ela muda de volume, de peso, bem como, de quantidade de matéria. Estes raciocínios infantis são exemplos que seriam desconhecidos pela perspectiva da lógica adulta.

Quanto à observação pura, Piaget considera não garantir a qualidade dos resultados e, além do mais, pode trazer inconvenientes sistemáticos ao não questionar de forma nenhuma a

---

<sup>3</sup> Do Latim: para não variar; para que não seja alterado; para que fique definitivo. Porto Editora – *ne varietur* no Dicionário infopédia de Locuções Latinas e Expressões Estrangeiras [em linha]. Porto: Porto Editora. [consult. 2022-04-28 20:43:10]. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/locucoes-expressoes/ne-varietur>.

criança observada. A observação pura encontra dificuldades na diferenciação dos comportamentos espontâneos das brincadeiras e das crenças da criança, impossibilitando perceber o que é uma crença ou uma fabulação da criança (PIAGET, 2005, p. 13).

Para Piaget, seria necessário ir além da observação pura e dos testes, adotando um terceiro método, o método-clínico, assim descrito:

O exame clínico participa da experiência no sentido de que o clínico formula problemas, elabora hipóteses, promove variações nas condições envolvidas e, por fim, controla cada uma de suas hipóteses no contato com as reações provocadas pela conversa. Mas o exame clínico participa também da observação direta, dado que o bom clínico se deixa dirigir ao mesmo tempo que dirige, levando em consideração todo o contexto mental em vez de ser vítima de "erros sistemáticos", como é muitas vezes o caso do experimentador puro (PIAGET, 2005, p. 14).

Piaget (2005, p. 10) considerou que, para aprender a aplicar o método, requer tempo de prática, entre um ou dois anos. Desse modo, estabeleceu regras de aplicação do método. A primeira concerne ao interrogatório: ao realizar uma investigação sobre o pensamento das crianças, parte-se de perguntas espontâneas feitas por crianças da mesma idade ou mais jovens e aplica à própria forma dessas perguntas àqueles sujeitos que se pretendem investigar. Em outras palavras, as perguntas feitas à criança investigada deve ser tal como se outra criança da mesma idade ou mais jovem a fizesse. A preocupação com questões implícitas presentes na linguagem poderia diminuir as chances de a criança envolver-se no trabalho lógico da questão, ressalta Mayer (2005, p. 372).

Conforme Carraher (1998, p. 27), se o examinador percebe que a criança utiliza um termo para se referir a alguma coisa, por exemplo, o termo "bichos" para se referir a "animais", é aconselhável utilizar o termo de costume da criança. Uma única palavra que pode ser desconhecida do sujeito dificulta a sua ação. A linguagem deve ser simples, não um empecilho para investigação ou para compreensão do sujeito..

A segunda regra de aplicação do método, refere-se aos desafios incumbidos ao experimentador, que, ao mesmo tempo, deve saber observar e deixar a criança falar livremente, sem desviar a atenção da questão trabalhada. Quem pergunta deve aprimorar sua argúcia interpretativa sobre o que a criança diz: não atribuir valor máximo ou valor mínimo, isto é, dar demasiado valor às respostas espontâneas ou recusar a crer em qualquer resultado. Contudo, significa situar as respostas dentro de um contexto mental, sabendo inferir sobre aquilo que está no plano de consciência, da crença e da fabulação da criança (PIAGET, 2005, p. 15). Piaget escreveu sobre a dificuldade dos adultos deixarem a criança falar:

É tão difícil não falar demais quando se questiona uma criança, sobretudo quando se é pedagogo! É tão difícil não sugerir! É sobretudo muito difícil evitar tanto a sistematização devido a ideias preconcebidas como a incoerência decorrente da ausência de toda hipótese diretriz! O bom experimentador deve com efeito reunir duas qualidades frequentemente incompatíveis: saber observar, ou seja, deixar a criança falar, não calar nada, não desviar nada; e, ao mesmo tempo, saber buscar alguma teoria, verdadeira ou falsa, a controlar (PIAGET, 2005, p. 15).

Juntamente com seus colaboradores, Piaget (2005, p. 16) examinou um grande número de sujeitos e, então, classificou em categorias os tipos de reações observáveis no exame clínico. Sendo: (1) o “*não-importa-o-que-ismo*” ou “*não importismo*”<sup>4</sup>, (2) a *fabulação*, (3) a *crença sugerida*, (4) a *crença desencadeada* e (5) a *crença espontânea*. Das cinco reações, considerou duas como representativas de uma conduta significativa da aprendizagem ou do desenvolvimento infantil: a *crença desencadeada* e a *crença espontânea*.

A expressão “*não-importa-o-que-ismo*” é herdada do trabalho com os psicólogos Binet e Simon, definida por Piaget como: “*quando a pergunta entedia a criança, ou não provoca nenhum trabalho de adaptação, ela simplesmente responde qualquer coisa de qualquer forma, sem sequer chegar a se divertir ou criar um mito*” (PIAGET, 2005, p. 16). Em uma outra versão da obra (1926), a palavra “entedia” é substituída por “aborrece”.

Piaget descreve a *fabulação* quando: “*a criança, sem mais refletir, responde a pergunta inventando uma história na qual não acredita ou na qual não crê, por simples treinamento verbal*” (PIAGET, 2005, p. 16). No interrogatório, em especial com crianças de idade inferior a 7 a 8 anos, é comum inventarem uma solução para o problema. Quando *fabula*, a criança brinca e acredita naquilo que responde do mesmo modo que acredita nas suas brincadeiras. No entanto, essa reação é superior ao “*não importismo*”, pois há uma ocupação da criança com o problema: “*A criança fabula quando se diverte, já o não-importa-o-que-ismo nasce do tédio*”. (...) “*A fabulação é mais rica e sistematizada, enquanto o não-importismo é um ponto morto e sem ramificações*” (PIAGET, 2005, p. 21-22).

A *crença sugerida* pode ser percebida quando: “*a criança se esforça por responder à pergunta, mas esta é sugestiva, ou então a criança busca simplesmente agradar o examinador, sem recorrer a sua própria reflexão*” (PIAGET, 2005, p. 16). Piaget atenta que, nesta reação, as questões são apresentadas de modo sugestivo e a criança acaba respondendo na perspectiva de quem faz a pergunta.

Para evitar a *sugestão pela palavra*, é necessário aprender a conhecer a linguagem infantil e apresentar as perguntas nesta linguagem, isto é, construir um vocabulário que evite a

---

<sup>4</sup> Esta variação do termo é adotada por Macedo (2010, p. 106).

sugestionabilidade. Outra categoria que deriva da crença sugerida, é a *sugestão por insistência*, que, conforme Piaget:

A sugestão por insistência é ainda mais difícil de evitar, pois o simples fato de continuar a conversa, depois da primeira resposta da criança, leva a insistir no caminho que ela adotou. Além disso, todo questionário organizado em série provoca insistência (PIAGET, 2005, p. 19).

Piaget insiste: “*A única regra eliminatória é evitar a sugestão, isto é, evitar ditar uma resposta particular dentre todas possíveis*” (PIAGET, 2005, p. 16). Em oposição à crença sugerida, aprova a crença desencadeada, que revela conhecimentos que já são da criança, assim descrita:

Quando a criança responde com reflexão, extraíndo a resposta de sua própria base, sem sugestão, mas a pergunta é nova para ela, dizemos que há crença desencadeada. A crença desencadeada é influenciada necessariamente pelo interrogatório, já que a própria maneira de se fazer e de se apresentar a pergunta à criança a obriga a raciocinar em certa direção e a sistematizar seu saber de certa maneira; mas ela é, não obstante, produto original do pensamento da criança, pois nem o raciocínio feito pela criança, para responder a pergunta nem o conjunto de conhecimentos prévios que a criança usa para refletir são influenciados pelo experimentador (PIAGET, 2005, p. 16).

No que se refere ao método clínico, o que prevalece é a crença desencadeada. O observador coloca as situações-problemas, observa ou discute com a criança sobre as ideias dela ou as hipóteses levantadas. “*O método consiste em questionar a criança sobre tudo aquilo que a cerca. A hipótese consiste em admitir que o modo como a criança inventa a solução revela algo de suas atitudes de espírito espontâneas*” (PIAGET, 2005, p. 18).

Por fim, a crença espontânea refere-se: “*quando a criança não precisa raciocinar para responder à pergunta, mas pode dar uma resposta pronta, já formulada ou formulável*” (PIAGET, 2005, p. 16). Essa reação ocorre quando a questão não é novidade e a resposta da criança resulta de uma reflexão anterior e original. Macedo (2010, p. 109) reafirma que o que se avalia, agora, é o patrimônio da criança, algo que pertence a ela e que não se pode tirar.

Piaget (2005, p. 21) entende que as crenças espontâneas, anteriores ao interrogatório, são as mais interessantes. Quanto à fabulação, pode ajudar a inferir algumas conclusões desde que interpretadas com prudência. As reações advertidas por Piaget e que devem ser evitadas são o “não importismo” e a crença sugerida.

### 3 RELACIONANDO O ENSINO E APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA E FÍSICA COM A TEORIA E O MÉTODO CLÍNICO PIAGETIANO

No capítulo anterior, dissertou-se sobre o método clínico, sua história, modificações, e como o método estruturou e fundamentou os estudos de Piaget. A explicação, com base na literatura, apresentada neste capítulo, faz-se por meio de onze tópicos. Em acordo com os objetivos desta investigação, buscou-se tratar sobre as influências da teoria piagetiana para a educação, os equívocos inerentes em “aplicar Piaget em sala de aula”, e suas implicações metodológicas e didáticas. Discorre-se, com inspiração, no texto de Castorina (1988, p. 46-51), sobre o mal-entendido em considerar as etapas do desenvolvimento cognitivo como sustentação para organização da prática escolar.

Quando se fala em efetivar a prática do ensino com base na teoria piagetiana, torna-se necessário percorrer os caminhos da Didática e da Didática da Matemática. Recuperando elementos da teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud que, por sua vez, considerou a abordagem piagetiana insuficiente para descrever e analisar os processos de aprendizagem e métodos de ensino.

Em coerência com os objetivos da pesquisa, dissertou-se sobre a importância da Engenharia Didática, fundamentado nos textos de Michele Artigue (1988) e outros autores, como parte experimental da Didática. Essa metodologia, para além de sua função metodológica de análise *a priori*, pode ser uma produção para o ensino proporcionando experimentações didáticas em sala de aula.

Sobre o ensino e a aprendizagem de Matemática e de Física alinhados à perspectiva do ensino por investigação, toma-se as pesquisas de Alrø e Skovsmose (2010) e Ponte, Brocardo e Oliveira (2013) no ensino de Matemática; os estudos de Carvalho (2013, 2018), Carvalho *et al.* (1998), Carvalho e Sasseron (2008, 2015), Sasseron (2013) no ensino de Ciências e Física. Estes e outros autores apresentados no decorrer do texto propõem a atividade investigativa como ferramenta didática em sala de aula, tendo em vista, em seus propósitos epistemológicos e pedagógicos, a promoção de discussões entre os pares.

#### 3.1 APLICAR A TEORIA DE PIAGET À PRÁTICA PEDAGÓGICA

Segundo Carvalho (2013, p. 1-2), foi, a partir de meados do século XX, que as concepções sobre o ensino e a educação sofreram mudanças. A ideia, por muitos anos, era o conhecimento como produto pronto transmitido pelo professor. No ensino de Ciências e de

outras disciplinas, cabia aos alunos decorar os conceitos, as leis e as fórmulas, replicar experiências e decorar nomes de cientistas.

O texto de Bruner (1997, p. 63-65) aborda a divergência entre as teorias piagetiana e a vigotskiana. Embora ambas se dediquem ao estudo do desenvolvimento humano e, especialmente, infantil, cada uma propõe uma epistemologia ligada às construções cognitivas. Piaget valorizou os estudos das operações lógicas na atividade mental, enquanto Vigotski reconhecia a cultura humana e sua história como ferramentas para as construções mentais.

Vergnaud (1998, p. 181) elabora sua teoria dos campos conceituais com base nos legados piagetiano e vigotskiano, observando que nem Piaget nem Vigotski perceberam a importância das situações e das conceitualizações para o desenvolvimento cognitivo. A teoria da filiação dos estágios, por exemplo, não apresentaria nenhuma orientação consistente aos professores.

Carvalho (2013, p. 2) ressalta que as possíveis influências piagetianas e vigotskianas no ensino foram, por muitos anos, motivo de debate entre educadores. Entre as duas vertentes teóricas, há uma complementaridade de ideias quando aplicadas em diferentes momentos e situações do ensino e da aprendizagem em sala de aula.

Na tentativa de “aplicar” essas teorias em sala de aula, Carvalho (2013, p. 8) salienta quanto ao desafio de entender que o ambiente da sala de aula é diferente dos laboratórios piagetianos e vigotskianos. Deve-se compreender que não é possível, tampouco é o objetivo da escola, replicar a teoria na prática pedagógica. Para Carvalho, a contribuição destes dois sistematizadores teóricos está em propiciar um ambiente no qual os alunos construam seu próprio conhecimento.

De fato, os trabalhos de Piaget evidenciam que o foco das suas investigações, de cunho epistemológico e psicológico, não foi direcionado às questões pedagógicas e educacionais. Bruner (1997, p. 66) considera que o interesse fidedigno de Piaget pela lógica formal como modelo para as operações mentais humanas o distanciou das variáveis relacionadas à interpretação do domínio histórico-cultural. Por outro lado, para Bruner, essa postura nomotética de investigação do conhecimento é um traço autoimposto da formação e dos princípios teóricos de Piaget.

Conforme Nogueira e Nogueira (2017, p. 99), a preocupação de Piaget com a educação escolar apresenta-se somente em dois textos: “Para onde vai a educação”, escrito a pedido da UNESCO, em 1948, e “Psicologia e Pedagogia”, em 1982. No primeiro, Piaget mostra preocupação quanto às dificuldades dos alunos e o ensino de Física e Matemática,

fruto da crescente discussão sobre o ensino de Matemática que vinha ocorrendo no final da década de 40.

Estas discussões se intensificaram no início dos anos 50, quando já existia um consenso de que o ensino de Matemática não estava favorecendo a aprendizagem dos alunos. Daí o surgimento do movimento que ficou conhecido como Movimento da Matemática Moderna – MMM (NOGUEIRA; NOGUEIRA, 2017, p. 100).

O MMM e as mudanças curriculares que ocorreram nesta época foram comentados por Piaget (2000):

O ensino da “Matemática moderna”, que constitui um progresso verdadeiramente extraordinário em relação aos métodos tradicionais, a experiência é com frequência prejudicada pelo fato de que, embora seja “moderno” o conteúdo ensinado, a maneira de o apresentar permanece às vezes arcaica do ponto de vista psicológico, enquanto fundamentada na simples transmissão de conhecimentos, mesmo que se tente adotar (e bastante precocemente, do ponto de vista da maneira de raciocinar dos alunos) uma forma axiomática (PIAGET, 2000, p. 16).

Segundo Nogueira e Nogueira (2017, p. 108), desde aquela época, se falava em aplicar Piaget pedagogicamente:

O pressuposto piagetiano de que “conhecer é agir sobre os objetos”, por exemplo, fez com que a sala de aula de Matemática fosse invadida por uma profusão de materiais didáticos manipuláveis (os chamados “materiais concretos”), alguns de eficiência duvidosa, muitos outros, porém, que realmente contribuem para o aprendizado da Matemática (NOGUEIRA, NOGUEIRA, 2017, p. 108).

Chakur (2005, p. 292) estabelece um ponto em comum entre as pesquisas de Piaget e a educação escolar: o desenvolvimento humano. No entanto, as experiências que almejavam “aplicar Piaget” à educação escolar mostraram a impossibilidade de transpor mecanicamente uma teoria fundamentada no campo do conhecimento para o campo proeminentemente prático da educação. Embora a Psicologia Genética tenha contribuído para o entendimento dos processos de aprendizagem e desenvolvimento, que repercutiram na prática educacional, Coll e Martí (2004, p. 58) ressaltam que são distantes das problemáticas educacionais.

De acordo com Macedo (2010, p. 48-50) tanto a escola quanto Piaget se interessam pelo desenvolvimento da criança, mas existe uma dicotomia entre eles: as pesquisas piagetianas fundamentam-se, sobretudo, em bases epistemológicas e não psicológicas ou pedagógicas.

Para Coll e Martí (2004, p. 58), a Psicologia Genética se preocupa com questões essencialmente epistemológicas e, de forma subsidiária, psicológicas. Segundo Macedo,

enquanto Piaget segue a linha epistemológica, a escola tem um propósito prático mediante os resultados da prática pedagógica e da aprendizagem das crianças. *“A escola trata de retirar a criança de seu estado atual e conduzi-la para um estado diferente (...) a escola trata de alfabetizar aquele que não sabe ler e ensinar a fazer contas, aquele que não sabe calcular”* (MACEDO, 2010, p. 48-49).

Castorina, Lenzi e Fernandez (1988, p. 14) consideram não ser possível uma instrumentalização direta da teoria psicogenética à prática pedagógica. Tampouco, Piaget quis aplicá-la diretamente na atividade pedagógica. Para os autores, o ato pedagógico está comprometido para além dos mecanismos cognoscitivos, envolvendo aspectos institucionais e libidinais.

O contraste da Psicologia Genética da prática educacional e pedagógica, podem ser analisados por meio dos seguintes pontos: (i) quanto à construção do conhecimento, a Psicologia Genética estudou a construção das estruturas do pensamento mais gerais e universais, que, em parte, independem do contexto em que se produz o desenvolvimento, enquanto que a aprendizagem escolar considera elementos basicamente sociais e culturais; (ii) a Psicologia Genética entende que o desenvolvimento e a aprendizagem são resultados da interação constante entre o sujeito e objeto, enquanto a aprendizagem escolar considera a problemática da influência do professor na mediação dos processos de construção do conhecimento; (iii) em termos coletivos e individuais: enquanto a Psicologia Genética descreve e explica os processos de desenvolvimento e aprendizagem individualmente, a educação, por si só, é uma atividade de âmbito social, relacional e comunicativa, que objetiva que os indivíduos se desenvolvam no contexto cultural que fazem parte (COLL; MARTÍ, 2004, p. 58).

Na diferenciação entre teoria e prática, segundo Macedo (2010, p. 55), a intenção de aplicar pedagogicamente a obra de Piaget deve dedicar-se, simultaneamente, a uma transformação e a uma permanência. A transformação ocupa-se para que a obra se torne aplicável pedagogicamente, que os fundamentos da teoria sejam preservados, para não haver uma ilusão ou um engano de uma prática baseada em Piaget. A permanência, por sua vez, trata que a posição epistemológica se torne imutável durante a aplicação. Refere-se à necessidade da reflexão, da crítica, da pesquisa e do estudo coordenado das ações sobre a própria prática, articulando estes aspectos com as inferências epistemológicas piagetianas. De acordo com Macedo, a interação entre professor e seus alunos é de caráter único, cuja particularidade e riqueza não devem se basear em receitas metodológicas prontas, emprestadas de uma obra ou de uma sequência de tarefas a serem executadas.

No ponto de vista de Delval (2011, p. 79), explicar como o sujeito elabora novos conhecimentos, como ele passa de um estado de menos conhecimento para um estado mais avançado, é a contribuição da teoria piagetiana para o ensino. A teoria auxilia professores a perceberem por que seus alunos não entendem alguma coisa ou como as entendem.

As investigações de Piaget oferecem condições para a compreensão: da aprendizagem como um processo ativo de elaboração, não como uma recepção passiva do conhecimento; das construções do aluno, as quais são por meio de ações efetivas ou mentais realizadas sobre o conteúdo de aprendizagem; dos erros neste processo de elaboração, permeado por assimilações e acomodações; do ensino e das interações múltiplas entre o que se deve aprender e as experiências do aluno (COLL; MARTÍ, 2004, p. 57).

Não obstante, como ressalta Da Rocha Falcão (2017, p. 23), não se deve negar que a realidade da prática escolar em sala de aula e o funcionamento social, de modo geral, repousam nos princípios da vertente associacionista-behaviorista. Como demonstrado nas pesquisas de Becker (2008, 2012, 2019) e Chakur (2014) sobre a contradição epistemológica de parte dos professores que adotam concepções de ensino com viés empirista e inatista, embora autodenominando-se construtivistas.

De acordo com Bartelmebs (2014, p. 162), as pesquisas de Piaget sobre os processos de aprendizagem e desenvolvimento da inteligência apresentam um caminho para a superação destas práticas do ensino de transmissão tradicional em sala de aula. Em “*Para onde vai a educação*”, Piaget (2000) explicita sua vertente construtivista acerca do desenvolvimento da inteligência, se opondo ao empirismo e ao inatismo:

A terceira direção, que é decididamente a nossa (e que nos leva a atribuir os começos da linguagem às estruturas construídas pela inteligência sensório motora preexistente), é de *natureza construtivista*, isto é, sem pré-formação exógena (empirismo) ou endógena (inatismo) por contínuas ultrapassagens das elaborações sucessivas, o que, do ponto de vista pedagógico, leva incontestavelmente a dar toda ênfase às atividades que favoreçam a espontaneidade da criança (PIAGET, 2000, p. 11).

### 3.2 A QUESTÃO DOS ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO

Piaget e seus colaboradores se dedicaram ao estudo das concepções infantis sobre as noções de número, classe, tempo, espaço, causalidade física, movimento, velocidade, etc., sobretudo, as explicações e justificativas das crianças sobre suas próprias afirmativas. Perceberam que as crianças, da mesma faixa etária, cometiam os mesmos erros ao resolver uma situação-problema. Assim, a teoria psicogenética, por meio de comprovações práticas,

sequenciou os estágios do desenvolvimento cognitivo, desde o nascimento até o início da adolescência. Verificando-se um processo contínuo de organização e reorganização estrutural, de assimilação e acomodação.

Embora tenha adotado uma postura de cientista nomotético do desenvolvimento (BRUNER, 1997, p. 66) e tenha sido criticado por ignorar a intersubjetividade em seus estudos, Piaget (2000, p. 33) explica que as estruturas mentais do indivíduo, das mais elementares até as mais sofisticadas, são construídas pela contribuição do meio social e educativo. Ambos constituem uma condição de desenvolvimento.

[...] a evolução interna do indivíduo apenas fornece um número mais ou menos considerável, segundo as aptidões de cada um, de esboços suscetíveis de serem desenvolvidos, anulados ou deixados em estado inacabado. Trata-se porém apenas de esboços, e unicamente as interações sociais e educativas haverão de transformá-los em condutas eficazes ou destruí-los para sempre (PIAGET, 2000, p. 35).

Sobre as estruturas cognitivas, a obra de Piaget e Garcia (2011, p. 46-47) elucidada que:

As estruturas cognitivas, por mais que sejam organizações de conhecimento, são essencialmente comparáveis a organismos cujo estado atual é função não somente do ambiente presente, mas também de toda história ontogenética e filogenética. Isto não exclui o caráter normativo que essas estruturas podem ter para o sujeito. Mas é necessário acentuar que, no caso dos processos cognitivos, há uma outra determinação que é a transmissão cultural. Ou seja, o conhecimento não é nunca um estado, mas um processo influenciado pelas etapas precedentes do desenvolvimento, impondo-se a análise histórico-crítica (PIAGET; GARCIA, 2011, p. 46-47).

O estudo de Bovet, Inhelder e Sinclair (1975, p. 34) retrata o problema da filiação das etapas. As autoras ressaltam a necessidade de recorrer não apenas a modelos estruturais de sucessão dos estágios, mas, sobretudo, a modelos dinâmicos, que levem em conta mecanismos de passagem de um estágio para outro. Isto foi exemplificado nos estudos das noções de conservação das quantidades físicas de Inhelder e Piaget. Ao errar, a criança retoma, verifica seus conflitos, procurando razões para a falta de sincronização entre várias dessas noções de conservação.

Os erros e o modo de pensar diferente do “correto” permitem entender a essência das relações da atividade estruturadora do sujeito, conforme afirma Castorina (1988, p. 50). São pontos construtivos necessários, são teorias (*teoremas em ato e conceitos em ato*) que se tiveram que armar para logo abandonar (VERGNAUD, 1998, p. 167).

Além da filiação entre os estágios, o trabalho de Bovet, Inhelder e Sinclair (1975, p. 35) aborda as conexões entre diferentes tipos de estruturação. O estudo distinguiu

teoricamente os tipos de estruturas epistêmicas: como o conhecimento lógico-matemático, o conhecimento espacial-temporal-cinético e o conhecimento físico. Perceberam, então, que as noções não evoluem em sistemas fechados, mas constantemente entre si, sendo este precisamente o motivo do progresso da aprendizagem. Deste modo, Bovet, Inhelder e Sinclair não se interessaram somente pela falta de sincronização entre as noções de conservação aritmética, geométrica e física, mas nas relações entre essas estruturas lógicas. Buscaram entender, por exemplo, se a aprendizagem da conservação de conjuntos discretos favorece a conservação da distância, usualmente adquirida mais tarde.

Conforme Coll e Martí (2004, p. 49), o estudo de Bovet, Inhelder e Sinclair (1975) foi além da proposição de tarefas aplicadas por meio do método clínico-crítico, mas atentou para o sujeito psicológico, como, também, sujeito do conhecimento. Bovet, Inhelder e Sinclair se propuseram estudar o processo de estruturação do conhecimento ao longo de várias sessões de aprendizagem, não se contentando com o estudo tradicional deste problema em termos de transferências, mas estenderam o conhecimento de um determinado domínio de aprendizagem relacionando-o a outras estruturas operacionais.

Dentro da perspectiva pedagógica, o texto de Castorina (1988, p. 46-51) questiona os pontos de vista ilusórios da teoria psicogenética vinculados à aprendizagem, sendo um deles o "estruturalismo". Para Castorina, embora a descoberta dos estágios do desenvolvimento cognoscitivo tenha importância na fundamentação da psicologia genética, este recurso não é o bastante, nem o suficiente, para caracterizar a originalidade da Psicologia e Epistemologia Genética, o mesmo equivale para suas implicações na aprendizagem e na psicopedagogia. Castorina considera que tomar como base apenas os estágios da teoria é distorcê-la, acarretando dificuldades no processo de sua implementação psicopedagógica.

Castorina (1988, p. 49) alude para algumas consequências desta percepção unicamente estruturalista. A primeira refere-se à sequência de desenvolvimento, pois, no processo de aprendizagem, não ocorre uma inscrição automática nas estruturas de desenvolvimento, ao contrário, as crianças por meio da assimilação e da acomodação, do processo de controle de conflitos, erros e reformulações (desequilíbrio e equilíbrio), reconstróem seu próprio saber. Diante disso, conforme o autor, a tradição pedagógica de transmissão de conteúdos terminados não dá conta desse dinamismo funcional do conhecimento.

A escola, em qualquer nível de ensino, ocupa-se para a progressão dos alunos por meio de sucessivos estágios e níveis que configuram o desenvolvimento. As decisões didáticas, curriculares, a seleção das atividades, a metodologia de ensino e a avaliação do professor estão subordinadas para o êxito deste objetivo, salientam Coll e Martí (2004, p. 54).

Nesse sistema enrijecido, conteudista, existe uma dificuldade do docente em correlacionar os conteúdos a serem ensinados à estrutura cognitiva do aluno (CASTORINA, 1988, p. 49-50). Parece que não se pode ensinar um conteúdo o qual a criança não tenha “condições cognitivas” de aprender. Em contrapartida, mesmo em condições, parece que não se pode apresentar determinados conteúdos, porque a criança não tem a idade correspondente ao nível estrutural. Para Castorina (1988), essa concepção considera somente a sequência linear dos estágios dando pouca importância aos mecanismos de passagem de uns aos outros.

“Respeitar as fases do desenvolvimento intelectual no ensino” é uma interpretação sem fundamento (CHAKUR, 2005, p. 292). Segundo Chakur (2005), quando professores ou programas pedagógicos deixam de ensinar conteúdos considerados difíceis, negam à criança informações socialmente valorizadas. Por outro lado, Coll e Martí (2005, p. 55) apontam que forçar o aluno a aprender um conteúdo que vai além das suas capacidades, provavelmente, o levará à memorização mecânica ou a compreensões equivocadas. Diante disso, para Chakur, o desafio está em encontrar um ponto de equilíbrio entre o que a criança é capaz de assimilar e o que é necessário ensiná-la, de modo a contribuir igualmente na sua formação como pessoa e cidadã.

Existem limitações na tentativa de adequar os conteúdos escolares às competências cognitivas dos alunos. Primeiramente, as idades médias de conquista dos níveis sucessivos cognitivos são de caráter meramente indicativo, pois, embora a ordem de sucessão das etapas seja comum a todos sujeitos, há variações de atrasos ou antecipações de idade, relacionados com o meio sociocultural e histórico-pessoal de cada indivíduo. Outra limitação está na dificuldade de determinar, com precisão, as competências cognitivas requeridas para a aprendizagem de determinado conteúdo (COLL; MARTÍ, 2004, p. 55-56).

A última consequência da ilusão do estruturalismo apontada por Castorina (1988, p. 50-51) trata-se da “mutação estrutural por meio da exercitação de provas operatórias como um objetivo pedagógico a ser alcançado”; em outras palavras, a crença de aceleração do desenvolvimento por meio da exercitação de operações ou raciocínios. Castorina ressalta que a interferência pedagógica deve seguir o percurso da criatividade, por meio de situações problemáticas que suscitam a atividade estruturante da criança: ao formular uma hipótese, comparar, excluir, ordenar, categorizar dados, reformular, procurar regularidades, etc. Piaget (2000, p. 19) ponderou sobre até onde esta aceleração é proveitosa, sendo o excesso de rapidez tão prejudicial quanto a lentidão acentuada.

Bovet, Inhelder e Sinclair (1975, p. 35-36) reconhecem a contribuição das estruturas para o entendimento do desenvolvimento cognitivo. No entanto, entendem que estas não

subsidiar as explicações quanto aos processos dinâmicos responsáveis pela aprendizagem. No contexto das suas investigações, Bovet, Inhelder e Sinclair questionaram se a sequência de exercícios operatórios acelera o desenvolvimento de maneira uniforme. E, ainda, se o mesmo exercício operatório tem efeitos diferentes de acordo com o subníveis de desenvolvimento. Como resposta a essa questão, concluíram que a repetição de intervenções experimentais poderia, eventualmente, atrapalhar o desenvolvimento da criança.

Na interpretação de Bruner (1997, p. 65), a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget deixa um vão na questão referente ao processo responsável pela passagem de um estágio de operações lógicas para o próximo, mais sofisticado. Embora a teoria não esclareça as causas do desenvolvimento, ela direciona para a compreensão de que o desenvolvimento mental segue um curso invariante, marcado pelos processos de desequilíbrio, assimilação e acomodação.

Este curso invariante confronta a ilusão do ensino tradicional de que todas as crianças chegarão à solução de um problema, em uma universalidade, destaca Castorina. A atividade cognoscitiva depende de aspectos particulares inerentes à:

Informação que a criança tem sobre o problema, sobre a carga libidinal posta no problema e sobre a significação que ela possa dar à informação a respeito do problema. Levando ainda em consideração que as crianças utilizam vários procedimentos em tarefas idênticas do ponto de vista operatório, sendo que estes procedimentos e estratégias de resolução têm relativa independência e não se reduzem ao sistema estrutural (CASTORINA, 1988, p. 51).

Aproximar a sistematicidade das etapas do pensamento cognitivo com as questões educacionais se torna pertinente quando o professor busca compreender, para além da faixa etária do aluno, a capacidade dele em assimilar conhecimentos e informações na resolução de problemas e de integrar conhecimentos e estratégias nas tentativas de solução sobre um determinado conteúdo ou assunto (CHAKUR, 2005, p. 293).

### 3.3 A TEORIA DE PIAGET: ALGUMAS IMPLICAÇÕES NA SALA DE AULA

A revisão apresentada acima abordou as implicações de “aplicar Piaget” na educação e em sala de aula, das divergências entre a teoria piagetiana e a prática educacional. Por meio da revisão da literatura, este tópico discorre sobre os resultados e as conclusões de trabalhos que se propuseram em aplicar as ideias piagetianas em sala de aula, considerando aspectos pedagógicos e de preservação da teoria.

Barroso e Martel (2008, p. 90) reinterpretam a obra de Piaget e Rolando Garcia, “*Psicogênese e história da ciência*” (2011), adotando uma perspectiva prática do ensino de Geometria por meio da resolução de problemas. Os autores observaram as estratégias de resolução que podem ser estabelecidas em cada um dos três modos de desenvolvimento do pensamento, a saber: a sucessão *intra*, *inter* e *trans*. Com base em outros autores que também estudaram a tríade *intra-inter-trans* na pesquisa em educação matemática, a pesquisa de Barroso e Martel mostra que o desenvolvimento psicocognitivo não ocorre linearmente por acúmulo de conhecimento, contudo, trata-se de uma reconstrução contínua dos conhecimentos adquiridos.

A sequência *intra-inter-trans*, de acordo com Garcia e Piaget (2011, p. 188), é encontrada em todos os estágios e níveis do processo de aquisição do conhecimento. São condições que a assimilação e a equilibração impõem ao trabalho cognitivo. Piaget e Garcia afirmam que:

Ao abordar um domínio novo, o sujeito é obrigado inicialmente a assimilar os dados desse domínio aos seus próprios esquemas (de ação ou conceituais). Se esses dados consistem em objetos, figuras, relações, etc., sua análise também implica uma equilibração elementar entre a sua assimilação aos esquemas do sujeito e a acomodação destes às propriedades objetivamente dadas, daí o caráter “*intra*”. Mas os novos esquemas assim construídos não poderiam permanecer isolados: cedo ou tarde o processo assimilador levará a incorporações recíprocas, as exigências de equilibração impondo aos sistemas ou subsistemas assim ligados, formas relativamente estáveis de coordenações e transformações, daí o caráter “*inter*”, desta segunda etapa. Mas uma terceira forma de equilíbrio procederá necessariamente daqui, uma vez que a multiplicação dos subsistemas ameaça a unidade do todo, enquanto as diferenciações obrigatórias são contrariadas por tendências integradoras. O equilíbrio que se impõe entre as diferenciações e a integração só poderia alcançar sistemas de interações em que as diferenciações pudessem ser engendradas em vez de serem submetidas, único meio de harmonizá-las sem perturbações internas ou conflitos entre elas: daí as estruturas formadoras de conjunto que caracterizam o nível “*trans*” (PIAGET; GARCIA, 2011, p. 189).

O trabalho de Sedano e Carvalho (2017, p. 200-215) apresenta uma proposta de ensino de Ciências por meio da investigação com o intuito de estudar as interações sociais em aulas investigativas. Por meio do trabalho em pequenos grupos, ao resolverem o problema físico, especificamente “o problema do submarino”, os alunos levantaram e testaram hipóteses. Alcançada uma solução, apresentaram ao grande grupo de colegas as etapas da investigação e suas explicações, estabelecendo uma discussão coletiva. O trabalho e as atividades apresentam concepções piagetianas, ao dar condições para que o aluno elabore verbalmente e pelo registro suas argumentações. Além do trabalho em grupo, que, conforme as autoras,

oportuniza aos estudantes conviverem com diferentes opiniões e para, na relação com seus pares, construírem sua autonomia moral.

O estudo de Bona e Souza (2015, p. 240) com estudantes do sexto ano do ensino fundamental de uma escola pública analisou, por meio de atividades de investigação, como se dá o processo de construção dos conceitos de múltiplos e divisores de um número natural articulado a elementos do cenário investigativo do Método Clínico de Piaget. As atividades utilizadas no estudo, como instrumento de intervenção pedagógica, consideraram os seguintes elementos: a mobilização, a participação dos estudantes na aula associada à aprendizagem; a aprendizagem, no sentido de apreciação de como o estudante constrói e compreende seu aprender; e por fim, a investigação como ação da prática docente.

Bona e Souza (2015, p. 243) estabeleceram três categorias para analisar as resoluções dos estudantes: a interpretação, a resolução e a argumentação. A primeira refere-se à compreensão do aluno perante a atividade, individualmente ou em grupo. Por meio desta compreensão, na segunda categoria, o aluno descobre as ferramentas (ou conceitos) matemáticos que podem resolver a atividade. E, por fim, na argumentação, ocorrem as explicações e as justificativas de cada ação ou tomada de decisão que levaram à solução.

A pesquisa de Bona e Souza (2015, p. 240) recorre aos processos de equilíbrio e abstração-reflexionante para compreender a construção dos conceitos de Matemática. Além disso, justifica a posição de observador do professor e as interações por meio de questões objetivas e conversações, características provenientes do método clínico de Piaget.

O desejo de aplicar Piaget em sala de aula deve partir da reflexão de que a prática será mediante *implicações pedagógicas* da teoria, destaca Nogueira. Implicações que, por sua vez, devem ser comprometidas com formulações didáticas e metodológicas específicas para o ensino.

Isto porque, quando nos interessamos pela construção dos conhecimentos escolares na perspectiva piagetiana, somos obrigados a nos interessar não apenas pelo conteúdo do conhecimento, mas, também, pela sua natureza epistemológica, pois as dificuldades dos estudantes não são as mesmas de uma área de conhecimentos para outra e nem mesmo para conceitos dentro de uma mesma área, como, por exemplo, a Aritmética, a Álgebra e a Geometria (NOGUEIRA, 2013, p. 289).

### 3.4 A INFLUÊNCIA DAS PESQUISAS EM DIDÁTICA DE VERGNAUD NO DELINEAMENTO DE NOVOS MARCOS TEÓRICOS DA TEORIA DE PIAGET

Conforme Nogueira (2013, p. 290), os equívocos dos aplicacionismos da teoria piagetiana se tornam mais evidentes frente à epistemologia. Uma vez que a natureza epistemológica de uma ciência é diferente da outra, sendo impossível reduzir o conhecimento científico a um único esquema epistemológico.

Apesar do elo entre Psicologia e Didática, os problemas pertinentes a ambos se diferem, sendo esses dois campos independentes. Esta conclusão, segundo Nogueira (2013, p. 290), derivada dos estudos piagetianos, embasou o surgimento das Didáticas especiais e da Didática da Matemática em particular.

O principal problema da Didática da Matemática é o mesmo problema central da Epistemologia Genética, qual seja o *estudo da passagem de um estado de um menor conhecimento a um de maior conhecimento* com a diferença de que, no caso da Didática, a “passagem” em estudo *seja intencionalmente gerada e tenha lugar em um contexto institucional específico, cuja função é a de comunicar saberes culturalmente produzidos* (LERNER, 2001, p. 278 *apud* NOGUEIRA, 2013, p. 291).

De acordo com Artigue (2002, p. 60), em 1980, as pesquisas em didática desenvolvidas por Gérard Vergnaud (Teoria dos Campos Conceituais) e Guy Brousseau (Teoria das Situações Didáticas), ambos apoiados na teoria piagetiana, foram arcabouços teóricos que ampliaram e implicaram no desenvolvimento de métodos e na legitimidade das pesquisas em Didática que ocorriam na França. Os pesquisadores franceses tiraram lições diferentes da obra de Piaget, sem deixar de dar os créditos às contribuições da teoria.

De acordo com Vergnaud (2001, p. 107), os olhares de Piaget buscavam pelo entendimento dos laços entre a evolução biológica e o desenvolvimento dos conhecimentos. Não era de seu interesse agir sobre o conhecimento das crianças e/ou transformá-lo.

Embora tecer algumas críticas sobre a incompletude da obra de Piaget no que tange a construção dos saberes escolares, Vergnaud (2022, p. 11) reconhece a relevância da Psicologia do Desenvolvimento para a pesquisa em Didática e para definição de novos marcos teóricos, como em sua pesquisa sobre os Campos Conceituais.

Apesar dessas críticas, a abordagem de Jean Piaget é ainda mais decisiva para nós, em particular pela importância que ele dá à atividade do sujeito, por seu trabalho sobre invariantes operatórios, pela teoria da equilíbrio e sua visão dialética sobre interação e consciência (VERGNAUD, 1981, p. 216, tradução nossa).

Por mais que Piaget não tenha dado empreendimento científico para os assuntos escolares, a perspectiva da Psicologia do Desenvolvimento é essencial para a pesquisa em Didática. Contudo, segundo Vergnaud (1981, p. 215-216), a Didática não poderia se contentar com uma abordagem exclusivamente piagetiana para descrever e analisar os processos de aprendizagem e métodos de ensino. Quanto a isso, eis as justificativas elencadas por Vergnaud (1981, p. 215-216):

- a) Piaget não apresentou interesse pela aquisição do conhecimento na escola. Em vez disso, buscou caracterizar o desenvolvimento de instrumentos gerais de pensamento que se mostram independentes do conhecimento escolar;
- b) o interesse de Piaget se mostrou mais acentuado no que se refere às estruturas que podem caracterizar um dado estágio do desenvolvimento do que no desenvolvimento da adaptação diante de uma dada situação ou um conjunto de situações;
- c) Piaget separou o conhecimento matemático do conhecimento da realidade física de forma exagerada. Em particular, sobre a abstração simples e a abstração reflexionante, a primeira relacionada, conforme Piaget, às propriedades dos objetos e constitutiva da física, a segunda relacionada à ação do sujeito sobre os objetivos e sendo especificamente matemática;
- d) Piaget deu preferência às operações e às estruturas lógicas, e, assim, contribuiu para minimizar os conteúdos do conhecimento, sejam esses conteúdos da Física sejam da Matemática.

Diante dessas considerações, Vergnaud, que foi orientado por Piaget, define, assim, novos marcos teóricos, direcionados para o estudo do funcionamento cognitivo do *sujeito em situação*, que considera, por exemplo: as variáveis da situação, as informações já disponíveis no repertório cognitivo do sujeito, as operações de pensamento necessárias para a resolução de uma situação, e as especificidades dessas variáveis e dessas operações tendo em vista o conteúdo envolvido (FRANCHI, 2008, p. 195).

Uma das problemáticas da teoria é o estudo fragmentado dos conceitos (e procedimentos) que são uma dificuldade para o aluno as dissociar diante de uma situação (VERGNAUD, 1981, p. 216). Em contrapartida:

[...] se queremos estudar a psicogênese dos conteúdos dos conhecimentos, é concebível dividir o conhecimento em domínios suficientemente amplos para, assim, poder estudar a evolução do aluno ao longo de um período de tempo, consideravelmente longo e por meio de um conjunto de situações diversificadas. A Psicologia Genética nos ensina que o conhecimento se desenvolve lentamente; isso vale tanto para os conteúdos do conhecimento quanto para os instrumentos lógicos do pensamento (VERGNAUD, 1981, p. 217, tradução nossa).

Vergnaud, assim, define um campo conceitual:

São estas duas preocupações (interligação de conceitos e evolução psicogenética) que me levaram a definir a noção de campo conceptual: um campo conceitual é um espaço de problemas ou situações-problema cujo tratamento envolve conceitos e procedimentos de vários tipos em estreita ligação (VERGNAUD, 1981, p. 217, tradução nossa).

A teoria dos Campos Conceituais (VERGNAUD, 2002) tem como preocupação conhecer as rupturas e continuidades dos conhecimentos durante a aprendizagem escolar. O conhecimento se organiza em campos conceituais compreendidos por um feixe de variadas situações e conceitos.

Diante de uma situação, os alunos são convidados a buscarem por uma solução e respostas, e, assim, colocam em ação os esquemas e os invariantes operatórios pertinentes (conceitos em ato e teoremas em ato). Os conceitos, por sua vez, formam um sistema construído gradativamente, que depende das situações encontradas e das provocações do professor. A partir disso, “[...] *podemos considerar que a conceitualização é uma forma de ação: como a ação, ela se baseia em informações incompletas, em relação às quais é necessário, entretanto, tomar decisões.*” (VERGNAUD, 2002, p. 12).

De acordo com Vergnaud, nós nos adaptamos no decorrer da nossa atividade, trata-se de uma revolução conceitual. As formas de organização da atividade (gestuais, intelectuais, afetivas, sociais e linguísticas) são transformadas no encontro com situações novas. Neste caso, os esquemas se adaptam às novas situações, isto é, retirando ou reiterando do seu repertório de esquemas já construídos (VERGNAUD, 2008, p. 19).

O objeto central de estudo de Vergnaud é o “sujeito em situação”. Deve-se considerar que, dentro da Didática, para Vergnaud, uma “situação” é colocar em cena um ou muitos conceitos que provocam o questionamento dos alunos sob a mediação do professor. “*E isto, é verdadeiro para a forma operatória do conhecimento, a qual permite agir em ‘situação’ e, talvez, mais ainda, para a forma predicativa, a que permite enunciar os objetos e suas propriedades*” (VERGNAUD, 2008, p. 3).

Além disso, as situações que pretendem provocar os alunos estabelecem um elo com o contexto cultural, histórico e social que o aluno pertence.

As situações suscetíveis de desestabilizar os esquemas e as concepções dos alunos são situações que resultam da cultura: da cultura da sociedade inteira, e da cultura da escola, em particular. Esta última não está totalmente em sintonia com o andamento da sociedade. Em certos aspectos, ela está atrasada e resulta de um processo social de transposição, do qual existem exemplos espetaculares em matemática, tal como foi evidenciado por Chevallard e alguns outros pesquisadores. (VERGNAUD, 2001, p. 150).

Vergnaud parte de que é um conjunto variado de situações que darão sentido aos conceitos. No par teórico situação-esquema, salienta que a escolha da situação é a primeira ação de mediação do professor:

As características possíveis da atividade dos alunos não são menos essenciais que a escolha das situações, já que o professor deve ajustar suas intervenções da maneira mais pertinente, a seus olhos, em relação aos diferentes eventos e processos que podem se produzir. Assim sendo, considero decisivo, no plano teórico e no plano metodológico, analisar as formas de organização da atividade dos alunos, isto é, seus esquemas (VERGNAUD, 2002, p. 2).

Naturalmente, o trabalho mediador do professor não se limita apenas ao planejamento e à escolha da situação. Vergnaud compete ao professor assumir, ao mesmo tempo, o papel de diretor e ator, sendo a situação o cenário ou o palco de um teatro:

Essa analogia com o ator não é casual: uma parte da atividade do professor é simulada. Aliás, as crianças não se deixam enganar, pois sabem que o professor faz perguntas cujas respostas ele finge ignorar. Mas esse papel de ator do professor não é somente uma brincadeira: ele tem uma função de transformação do real que, neste caso, são as competências e as concepções dos alunos (VERGNAUD, 2002, p. 10).

Dessa forma, é importante para o desenvolvimento das competências (ações diante da situação) e das conceitualizações em suas variedades e em suas diferenças (VERGNAUD, 2022, p. 11-12):

- a) as situações que as crianças, estão, progressivamente, dominando, formam um conjunto parcialmente ordenado, jamais totalmente ordenado, exceto localmente;
- b) as competências resultam das formas de organização da atividade colocadas em ação, isto é, os esquemas: estes estão ao mesmo tempo sob controle da instituição encarregada de transmiti-los (família, escola, comunidade de trabalho) e sob o controle do sujeito individual que aprende;

- c) as situações são, ao mesmo tempo, fonte e critério de conhecimento. É em situação que aprendemos; um conhecimento que não é operatório, não é realmente um conhecimento;
- d) a colaboração e a comunicação com os outros, é essencial na formação dos esquemas e das conceitualizações necessárias ao sucesso;
- e) a linguagem transforma os *conceitos-em-ato* e os *teoremas-em-ato* em conceitos e teoremas suscetíveis de serem comunicados e debatidos por meio das possibilidades de inferências sobre sua pertinência e veracidade;
- f) expressar-se por meio de palavras é uma competência difícil de conquistar, inclusive para profissionais e cientistas de alto nível. Um tratado científico ou técnico é a parte visível do *iceberg* cuja maior parte se baseia na ação e na experiência.

### 3.5 INFERÊNCIAS METODOLÓGICAS E A ENGENHARIA DIDÁTICA

Juntamente com a finalidade de investigar a sala de aula, a pesquisa em Didática necessita de uma variedade de métodos. Segundo Vergnaud (1981, p. 227), a complexidade do ensino e da aquisição de conhecimentos matemáticos não se deve pautar em uma única abordagem metodológica; podendo recorrer, por exemplo, a entrevistas, registros em papel e lápis, experimentos em sala de aula, análise de livros didáticos, etc. Inclusive o método clínico de Piaget, que, para Vergnaud, possibilita distinguir os comportamentos e as concepções verdadeiramente significativas das anedóticas.

As entrevistas individuais de tipo clínico e crítico, tal como Piaget as desenvolveu, continuam a ser, na minha opinião, um método essencial para a análise das dificuldades conceituais e para a análise dos procedimentos pelos quais os alunos lidam com uma determinada situação. São essenciais para testar a solidez das concepções dos alunos (por meio do uso da contradição) e para analisar a evolução dos procedimentos e das concepções (VERGNAUD, 1981, p. 227, tradução nossa).

Na busca por legitimidade científica, na década de 1980, a Didática da Matemática francesa tomava emprestados métodos e critérios de áreas de conhecimento vizinhas, como a Psicologia. No entanto, as contradições entre as metodologias de pesquisa e arcabouços teóricos colocaram a indispensabilidade de um método condizente com as variáveis comuns de uma sala de aula (ARTIGUE, 2002, p. 59-60).

A metodologia da Engenharia Didática surgiu no âmbito da Didática da Matemática Francesa, com o intuito de dar conta de duas questões fundamentais: “(i) *O papel que deve ser desempenhado pelas realizações didáticas na sala de aula dentro da metodologia de pesquisa;* (ii) *Como pensar nas relações entre pesquisa e ação dentro do sistema de ensino?*” (CHEVALLARD, 1982 *apud* ARTIGUE, 1988, p. 283; ARTIGUE, 2002, p. 60).

De acordo com Pais (2008, p. 99), a Engenharia Didática, como metodologia na condução de uma pesquisa em Didática, comporta dupla ancoragem, no plano teórico e na prática educativa, articulando as dimensões da pesquisa e da ação pedagógica na condução da investigação do fenômeno didático.

De outro modo, a Engenharia Didática permite que o pesquisador mergulhe na complexidade dos fenômenos didáticos, que, por vezes, escapam a metodologias mais externas, afirma Artigue. A própria realização experimental coloca os problemas de uma maneira nova na qual o professor é o ator, por outro lado, não é possível importar como um “produto para o ensino” no sentido de reprodutibilidade, como se faz nos métodos externos (ARTIGUE, 1998, p. 298).

Produtos de pesquisa da engenharia frequentemente aparecem como produtos com fortes vínculos, projetados de acordo com condições experimentais precisas e levando em conta vínculos específicos desta experimentação. Isso não é ao acaso: na pesquisa da engenharia, a confrontação entre a análise a priori e à posteriori sendo a base para a validação, é desejável que o sistema desenvolvido possua somente alguns poucos graus de liberdade que escapam à análise a priori. Do contrário, o produto do desenvolvimento é um produto o qual deverá ser adaptado pelo usuário para condições relativamente variáveis (ARTIGUE; PERRIN-GLORIAN, 1991, p. 14 *apud* GUIMARÃES; BARLETTE; GUADAGNINI, 2015, p. 213).

Conforme Machado (2008, p. 237), a singularidade da Engenharia Didática não está calcada em seus objetivos, mas nas características do seu funcionamento metodológico. No planejamento de uma Engenharia Didática, deve-se considerar a divisão em quatro fases consecutivas (ARTIGUE, 1988, p. 287- 297):

- a) *análise preliminar*: consiste na análise teórica geral, bem como, na busca por uma problemática do campo de ensino. O panorama deve abarcar três dimensões: a epistemológica, que envolve o conceito a ser trabalhado; a Didática, que compreende o funcionamento do ensino; e a cognitiva, que considera as hipóteses sobre as concepções e características dos sujeitos envolvidos;

- b) *concepção e análise a priori*: trata-se do momento de definir as variáveis envolvidas no estudo. São as escolhas destas variáveis que determinarão a possibilidade de exercer algum tipo de controle sobre os conceitos das atividades envolvidas. O intuito desta análise a priori, portanto, é determinar como estas escolhas influirão no comportamento dos alunos e na construção dos significados. O professor descreve as situações e levanta hipóteses do que se espera e do que pode ocorrer na aplicação destas atividades;
- c) *experimentação*: implementação da engenharia em sala de aula e da coleta de dados. Os dados podem ser coletados por meio de observações feitas durante as atividades ou por meio das produções realizadas pelos alunos. Há a possibilidade de complementar esses dados por meio de questionários ou testes realizados durante a aplicação;
- d) *análise a posteriori e a validação*: o processo de validação interna envolvido parte do confronto das análises *a priori* e *a posteriori* à realização da engenharia. Dos resultados que se observam no que se refere à construção dos significados construídos pelos alunos diante das situações didáticas propostas; Pais (2008, p. 103) complementa que a análise a posteriori deve ser fiel à realidade e aos procedimentos de pensamento externados pelos alunos.

Dentro da Didática da Matemática, a Engenharia Didática pode adotar características de um produto resultante de uma análise a priori, caso da metodologia de pesquisa, quanto uma produção para o ensino, como sequências de ensino constituídas por situações planejadas e submetidas à experimentação (MACHADO, 2008, p. 235), de outro modo, conforme descreve Douady (1993 *apud* MACHADO, 2008):

[...] uma sequência de aula(s) concedida(s), organizada(s) e articulada(s) no tempo, de forma coerente, por um professor-engenheiro para realizar um projeto de aprendizagem para uma certa população de alunos. No decurso das trocas entre professor e alunos, o projeto evolui sob as reações dos alunos em função das escolhas e decisões do professor (DOUADY, 1993, p. 2 *apud* MACHADO, 2008, p. 234).

### 3.6 UM AMBIENTE INVESTIGATIVO EM SALA DE AULA

Embora apareçam muitas denominações do ensino com base na investigação, como: investigação guiada, iniciação científica, ensino baseado na pesquisa, investigação por

descoberta, aprendizagem e ensino indutivo, Spronken-Smith *et al.* (2007 *apud* BARRELO JUNIOR, 2015, p. 60) afirmam haver um consenso sobre o que é a aprendizagem baseada na investigação. Segundo os autores, a aprendizagem baseada na investigação constitui uma abordagem na qual os alunos podem construir o próprio conhecimento. A investigação pode se dar por meio de uma atividade estruturada e guiada pelo professor, por meio de questões e orientações para a resolução do problema, ou de uma investigação independente, nas quais o aluno elabora seus questionamentos e determina como pesquisá-los.

Segundo Ponte, Brocardo, Oliveira (2003, p. 9), a investigação nos contextos de ensino e aprendizagem está além de lidar com problemas sofisticados e difíceis. Investigar significa trabalhar com questões interpelativas para as quais não se têm respostas prontas, mas que se busca esclarecer de modo organizado e, tanto quanto possível, fundamentado.

Em uma aula tradicional de Matemática, por exemplo, é comum o trabalho com sequências quase infinitas de exercícios, geralmente com as imperativas: “resolva a equação...”; “reduza a expressão”; “construa a figura”, etc. A comunicação entre professor e aluno fica dentro dos padrões estabelecidos por esses exercícios, elaborados por uma autoridade externa à sala de aula, como um autor de livro-texto. Tal organização, preponderante em aulas tradicionais de matemática, é denominada por Alrø e Skovsmose (2010, p. 52) de “*paradigma do exercício*”.

Reproduções quase que exaustivas de exercícios mecânicos e sequenciais, representam uma personagem implícita na comunicação, quando elaborados por autoridades fora da sala de aula, autores de livro-texto, por exemplo, acabam não possibilitando que os pares se questionem, duvidem e problematizam a realidade em que estão inseridos (ALRØ; SKOVSMOSE, 2010, p. 52-54). Impedem que ocorram “conflitos cognitivos” (PARRAT-DAYAN, 2007, p. 18) oriundos da reformulação de argumentos e critérios individuais.

Em uma proposta alternativa ao cenário do paradigma do exercício, Alrø e Skovsmose denominam de “*cenários para investigação*” um ambiente de aprendizagem no qual os alunos formulam questões e planejam linhas de investigação de forma diversificada. Fazer perguntas ou apresentar argumentos deixa de ser tarefa apenas do professor e passa a ser ditada também pelo aluno, como numa conversação flexível.

A Fala: “O que acontece se...?” deixa de pertencer apenas ao professor e passa a ser dita pelo aluno também. E outra fala do professor, “Por que é dessa forma...?”, pode desencadear a fala do aluno “Sim, por que é dessa forma...” (ALRØ; SKOVSMOSE, 2010, p. 55-56).

Carvalho (2018, p. 766) define como ensino por investigação o ambiente no qual o professor promove condições de aprendizagem para os alunos: a) pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; b) falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; c) lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido e; d) escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

Brocardo, Oliveira e Ponte (2003, p. 25) consideram que a atividade de investigação, comumente, se desenvolve em três fases, que podem ser concretizadas de diferentes maneiras. Na primeira, o professor faz a proposta aos alunos e introduz a tarefa, oralmente ou por escrito. Na segunda, ocorre a realização da investigação, individualmente, aos pares, em pequenos grupos ou com toda a turma. E, na terceira, ocorre a discussão dos resultados, quando os alunos relatam aos colegas e professor o trabalho realizado.

Na compreensão de Carvalho (2018, p. 767), uma das diretrizes de uma atividade investigativa é o grau de liberdade intelectual dado pelo professor ao aluno e a elaboração do problema. Esses dois itens são indissociáveis, pois o problema desencadeará as formulações e os raciocínios do aluno, que, por sua vez, sem liberdade intelectual não se engajará na atividade, tampouco terá coragem de expor seus argumentos para os demais colegas e professor.

No entanto, mesmo diante de um contexto favorável às situações argumentativas, na maioria das vezes, os professores se mostram ansiosos e não esperam as respostas dos alunos. Pode acontecer do próprio professor responder as perguntas e, sem perceber, cair na exposição do conteúdo, o que não proporciona a liberdade intelectual para os alunos pensarem e responderem as questões (CARVALHO, 2018, p. 767).

No texto de Alrø e Skovsmose (2010, p. 26), há exemplos de diálogos entre professor e aluno que demonstram o paradoxo do professor que, mesmo engajado em adotar práticas de ensino inovadoras, acabou impedido de colocar estas ideias em prática devido ao engessamento do absolutismo burocrático do ensino tradicional. Mesmo com a intenção de educar seus alunos a serem críticos e abertos, acabam atropelando a fala do aluno.

O sucesso de um trabalho investigativo, assim como qualquer outra proposta pedagógico-didática do professor, depende do ambiente de aprendizagem que se cria. É comum na sala de aula os alunos buscarem a validação do professor sobre as suas ideias, suprimindo-as de sua totalidade e espontaneidade. Na investigação para que o aluno se sinta à vontade, ele precisa ter tempo para pensar, para explorar ideias e compartilhá-las com o professor e colegas (PONTE; BROCARD; OLIVEIRA; 2003, p. 28).

Diferente do ensino tradicional, um ambiente de investigação em sala de aula permite planejar o começo, mas não é possível prever como acabará, pois: “a variedade de percursos que os alunos seguem, os seus avanços e recuos, as divergências que surgem entre eles e o modo como a turma reage às intervenções do professor, são elementos largamente imprevisíveis numa aula de investigação” (PONTE; BROCARDO; OLIVEIRA, 2003, p. 25).

Dentro deste cenário investigativo, o papel do pesquisador deve ser adotado pelo professor. Becker (2007, p. 6) compara a ação desse professor a de um cientista no laboratório, permitindo-o inventar e implementar ações que possibilitem fenômenos cognitivos em seus alunos, que, por conseguinte, serão observados e avaliados. O então professor-pesquisador-reflexivo é:

Aquele professor que não apenas ensina, mas reflete sobre os resultados de suas ações didático-pedagógicas: sobre como os alunos recebem seu ensino; os retornos que fornecem; as elaborações, eventualmente originais, que apresentam nas avaliações; os motivos ou explicações que ele encontra para a não-aprendizagem; as dificuldades intelectuais de toda ordem que os alunos apresentam; as explicações que constrói sobre a excelência de alguns alunos; os obstáculos não cognitivos, mas afetivos, de alguns outros. E, sobretudo, o retorno, verdadeiro feedback que faz sobre o próprio ensino, modificando-o, às vezes de forma radical (BECKER, 2007, p. 13-14).

### 3.7 AS ATIVIDADES PARA UMA AULA INVESTIGATIVA

Ponte, Brocardo e Oliveira (2003, p. 10) atentam sobre o risco de propostas investigativas serem reduzidas a procedimentos de construção de tabelas ou na busca por regularidades. Em uma aula investigativa, um “bom problema”, segundo Carvalho (2018, p. 771-772), favorece os alunos condições de: a) resolverem e explicarem o fenômeno envolvido nesse; b) levantarem hipóteses que levem a determinar as variáveis deste; c) relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem; d) relacionarem os conhecimentos aprendidos a outras disciplinas do conteúdo escolar; e e) relacionarem o conteúdo do problema com os *conceitos espontâneos*<sup>5</sup>.

Entende-se que os conceitos espontâneos são aqueles apropriados pelas vivência na vida cotidiana do sujeito, enquanto que os conhecimentos científicos são desenvolvidos no processo escolar - transmitidos sistematicamente e intencionalmente pelos professores. Assim, na

---

<sup>5</sup> No presente trabalho, o interesse epistemológico concorda com o apresentado no texto de Santos (1998, p. 23-24) sobre as *representações espontâneas da criança*, que se refere: aos raciocínios espontâneos; a organização natural e pessoal dos dados da inferidos diante um problema particular; a apreensão sensível, intuitiva e imediata do objeto pelo sujeito e, portanto, independente e anterior de quaisquer aquisições escolares. É com estas representações espontâneas que a criança inicia a aprendizagem formal.

aprendizagem de novos conceitos que estão sendo ensinados, o aluno estabelece relações com outros conceitos já elaborados (FACCI *et al.*, 2023, p. 196).

Piaget considerava que a evolução do conhecimento partia de um estado de desequilíbrio para a equilibração, marcado por um período de transição no qual o sujeito no estado anterior se deparava com uma contradição. A fase de equilíbrio seria, então, precedida por um conflito e uma reorganização. Na perspectiva do *sujeito em situação*: “as situações-problema apresentadas aos alunos constituem uma importante alavanca para o desenvolvimento de suas representações e procedimentos” (VERGNAUD, 1981, p. 222).

Bona (2013, p. 6-7) afirma que, ao selecionar as atividades, o professor deve atentar-se desde a seleção à articulação com os conteúdos, à forma (escrita e/ou oral), ao espaço da aula, ao tempo, ao contexto da realidade dos estudantes, à realização e à avaliação. Os alunos devem assumir a responsabilidade sobre seu processo de aprendizagem, logo, as atividades devem mobilizá-los para este objetivo. Em uma atividade investigativa, o aluno tem a autonomia de escolher os caminhos e as ferramentas de solução, tal como explorar outros meios, como, por exemplo, as tecnologias digitais.

Segundo Bona e Leal (2013, p. 5), a ação investigativa pode abarcar atividades como desafios compostos por questões abertas, projetos com perguntas a serem respondidas, situações-problema, dentre outras. No entanto, não há uma regra quanto à escolha da atividade investigativa, desde que assegurada a participação e a promoção da curiosidade do estudante.

A tarefa de investigação deve possibilitar que os alunos desenvolvam as competências de explorar, formular, testar, reformular, justificar questões e conjecturas, e, por fim, avaliar o próprio trabalho (PONTE; BROCARD; OLIVEIRA, 2003, p. 29).

As situações-problema envolvem, segundo Nogueira (2013, p. 296), relações com o conteúdo e as formas de lidar com este conteúdo. O desafio da escolha das situações-problema é fazer com que o aluno reconheça na proposta algo que faça sentido para ele. Para a construção de um conceito, não basta uma atividade por si só, mas estabelecer uma cadeia de situações, salienta Nogueira.

Segundo Lerner (2001 *apud* NOGUEIRA, 2013, p. 297), para a articulação de uma sequência de situações, as seguintes questões precisam ser respondidas: (i) “Qual foi o problema que originou esta técnica, este conceito ou procedimento?”; (ii) “Quais são os problemas capazes de promover a elaboração dos diferentes significados desse conceito?”; (iii) “Quais problemas teóricos ou práticos são respondidos pela introdução de determinado

conceito, propriedade ou técnica?"; e (iv) "Como fazer avançar as soluções produzidas pelas crianças na direção do conhecimento matemático que se pretende ensinar?".

Conforme Ponte, Brocardo e Oliveira (2003, p. 41), as atividades de investigação favorecem um ambiente para a discussão e partilha de conhecimentos. Além deste exercício da argumentação, o momento investigativo propicia que os alunos reflitam sobre o trabalho realizado e entendam a importância da sistematização e da justificação dos conceitos. Enquanto os alunos colocam em confronto estratégias, conjecturas e justificativas; o professor desempenha o papel de mediador dos diferentes pontos de vista.

### 3.8 O PAPEL DO DIÁLOGO E DAS CONVERSACÕES NO ENSINO E NA APROPRIAÇÃO DOS CONCEITOS

Piaget (2000, p. 59) criticou o ensino de Matemática pautado na transmissão por meio de uma linguagem abstrata. Nogueira e Nogueira (2017, p. 103) relacionam esta crítica a uma preocupação de Piaget sobre a metodologia (ou ausência dela) da apresentação dos conteúdos propostos pelo movimento da matemática moderna – MMM, vigente nas décadas de 1950-1960.

Muito se pode esperar, portanto, da colaboração entre psicólogos e matemáticos para a elaboração de um ensino "moderno" e não tradicional da matemática do mesmo nome e que consistiria em falar à criança na sua linguagem antes de lhe impor outra já pronta e por demais abstrata, e sobretudo levar a criança a reinventar aquilo de que é capaz, ao invés de se limitar a ouvir e repetir (PIAGET, 2000, p. 16-17).

De acordo com Mrech (1999, p. 9), a transmissão pedagógica tradicional reduz a linguagem e a fala de professores em um modelo de comunicação simples. A consequência é que aconteça uma leitura direta da linguagem e da fala: professores falam e alunos aprendem, o professor emite e os alunos recebem. Nesse contexto, os professores são formados para entenderem um significado e um sentido daquilo que os alunos falam. No entanto, com base na psicanálise lacaniana, Mrech evidencia que, nessa forma de comunicação, o professor previamente constrói sua cadeia de símbolos, tornando a linguagem e a fala um processo morto.

Ocupar a posição de falante e esperar que os alunos ouçam atentamente é um modelo de comunicação comumente observado no ensino tradicional; sendo uma posição confortável para o professor, como descreve Cabral: "*O professor na posição de sujeito suposto tudo*

*saber, procura sustentar o controle sobre ensinar uma matéria, sobre responder às perguntas do aluno, sobre pressupor o que o aluno sabe ou não”* (CABRAL, 2021, p. 114).

No estudo de Bona e Souza (2015, p. 247), alunos e professor colocavam questões com a intenção de compartilhar o que pensavam, para, assim, chegar à solução da tarefa proposta. As autoras perceberam que a conversação na sala de aula é um elemento central para ser incorporado na escola básica, podendo ser uma aliada no processo de desenvolvimento e aprendizagem, em particular, na matemática que, culturalmente, os alunos têm medo de errar e perguntar.

Alrø e Skovsmose (apud 2010, p. 12), com base em Carl Rogers (1994), afirmam que a comunicação tem papel de destaque no processo de aprendizagem e nas relações interpessoais. Por mais que aprender seja uma experiência pessoal, ela ocorre em contextos sociais que são compostos por relações interpessoais.

Dialogar é um elemento fundamental para aprendizagem, tanto no âmbito epistemológico quanto no interpessoal. O ato de dialogar exige humildade e não combina com relações de dominação (FREIRE, 1972 *apud* ALRØ; SKOVSMOSE, 2010, p. 12).

O diálogo é uma conversação com certas qualidades, pois nem toda conversação é um diálogo e nem toda investigação representa um diálogo (ALRO; SKOVSMOSE, 2010, p. 13). Acreditar que está promovendo e estimulando conversas em sala de aula pode ser uma ilusão do professor praticante da pedagogia tradicional, como reitera Cabral (2021, p. 144): quando ele acaba restringindo essa conversa a grupo de alunos, que, costumeiramente, sabem as respostas das perguntas que lhe foram feitas e como respondê-las. Esse grupo fechado de alunos representa um porto seguro para este professor.

A palavra diálogo pode assumir diversas interpretações, a caracterização de diálogo e aprendizagem considera três aspectos (ALRØ; SKOVSMOSE, 2010, p. 123-132): (i) realizar uma investigação; (ii) correr riscos; e (iii) promover a igualdade. O primeiro relaciona o desejo de investigar com o diálogo. Ao investigar, os participantes conduzem atividades e se responsabilizam pela condução e pelo que podem aprender com elas. O compartilhamento dialógico entre o grupo contribui na exploração de outras perspectivas, na disposição para abrir mão de uma perspectiva e na construção de novas perspectivas. A segunda, correr riscos, relaciona o diálogo com a imprevisibilidade e o desafio de experimentar novas possibilidades. Não há como prever o que será dito pelo outro, nem em nível epistemológico, nem emocional. Por fim, o terceiro aspecto tem por base o princípio da igualdade entre professor e aluno, não no sentido de responsabilidade e conhecimento, que Alrø e Skovsmose ressaltam serem

naturalmente desiguais. A igualdade, neste caso, se faz na comunicação e no nível das relações interpessoais no trato respeitoso entre os parceiros de investigação.

Wall (2014, p. 13) enfatiza a importância de respeitar as afirmações e os raciocínios dos alunos durante as aulas de Matemática, ainda que não sejam matematicamente corretos. Wall chama atenção para o fato de que a maioria das crianças pequenas chegam à sala de aula com um talento para a matemática, resultado das conversas sobre matemática que corriqueiramente ocorrem com os pais e pares no cotidiano delas. Em sala de aula, ao deixar de lado essas experiências e o exercício do diálogo, o professor acaba por ignorar o desenvolvimento histórico-matemático da criança, perdendo a oportunidade para a discussão das dúvidas e das curiosidades. Nas palavras de Wall:

Ideias matemáticas não são assuntos para serem repetidos superficialmente. Em vez disso, é preciso se envolver com elas e explorá-las, pois são feitas para serem entendidas em ação. Muitas vezes, o fazer matemático se torna um pouco como atravessar correndo um belo parque só porque é um atalho para o nosso destino. Ao contrário da criança que anda lentamente, nós raramente nos demoramos a examinar uma flor especial ou caminhar impulsivamente por um desvio tortuoso. Economizamos tempo, mas a nossa experiência é empobrecida (WALL, 2014, p. 7).

As trocas argumentativas em sala de aula como um recurso didático para a construção dos conceitos matemáticos, de acordo com Da Rocha Falcão (2017, p. 72), podem favorecer mudanças conceituais. O processo discursivo desencadeia pontos de vista a partir de perspectivas opostas, o que contribui para a negociação de significados e a ocorrência de novos conhecimentos.

Da Rocha Falcão (2017, p. 72-73) estabelece três tipos de ações discursivas no trabalho da argumentação no contexto da sala de aula. Essas ações possibilitam condições para a “*debatibilidade*” dos assuntos escolares, assim descritas:

(i) *Ações pragmáticas*: aquelas que criam condições necessárias para o surgimento da argumentação, através da instituição da divergência entre os participantes; estimulam o processo de negociação de significados, como método para resolução de divergências e estabelecem o consenso como meta a ser alcançada. (ii) *Ações argumentativas*: formulam pontos de vista, justificam posições, contra-argumentam, reagem a contra-argumentos (e/ou incentivam); (iii) *Ações Epistêmicas*: expõem formas de raciocínio/procedimentos típicos em um dado domínio de conhecimento, oferecem informação que se incorpora (espera-se que) às posições dos alunos, conferem estatuto epistêmico às elaborações dos alunos e aproximam estas elaborações do conhecimento canônico do campo conceitual em questão (DA ROCHA FALCÃO, 2017, p. 72-73).

### 3.9 A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO A PARTIR DO ERRO

Uma aula que proporciona condições e liberdade para os alunos falarem e argumentarem confronta os padrões do “certo e errado”. Para Alrø e Skovsmose (2010, p. 57), em aulas tradicionais, especialmente as de matemática, qualquer discussão que não contemple a premissa: “encontrar uma e somente uma resposta correta” deve ser descartada. A ação de perguntar ou contrariar a resposta final do professor pode ser considerada como uma atitude indisciplinada ou de quem quer tumultuar a aula.

Nesse cenário, parece conveniente a referência de Macedo (2010, p. 70) sobre a eficiência da borracha como tratamento para o erro. A borracha ressalta a importância do erro e não o porquê desse erro. O que está errado deve ser apagado, parece não haver espaço para revisões ou argumentações. As correções evocam, explícita ou implicitamente, uma autoridade, que é única, protagonizada pelo professor, ou pelo livro-texto ou livro de respostas. Todos estes escondem a natureza e os porquês das correções (ALRØ; SKOVSMOSE, 2010, p. 21-25).

Na perspectiva da aprendizagem da criança, a pesquisa de Bianchini e Vasconcelos (2017, p. 1038) mostra que, quando o erro é ferramenta de punições, como “dar nota baixa”, se intensificam as dificuldades de aprendizagem. O erro, quando tratado dessa maneira, não promove ambientes interativos nos quais os alunos se sintam confortáveis para questionar.

Bianchini e Vasconcelos (2017, p. 1046) investigaram as significações atribuídas ao erro por estudantes do sexto ano em diferentes atividades e situações interativas, tendo por base a entrevista do método clínico de Piaget. Os resultados mostraram que, em situações nas quais existiam erros, a reação dos alunos era de antipatia e de xingamentos uns com os outros. Em outros momentos, ficavam atônitos diante do erro, demonstravam-se chateados consigo mesmos por terem errado atividades consideradas fáceis. Diante de qualquer dificuldade, as reações predominantes eram de apatia ou de recusa da atividade proposta.

O erro foi um dos recursos de investigação do pensamento infantil nos estudos de Piaget (1983, p. 56), contrariando a vertente empirista baseada no estímulo-resposta. Conforme Casávola *et al.* (1988, p. 33), a aprendizagem centrada na concepção empirista de estímulos para obtenção de respostas corretas despreza o processo pelo qual a criança chega a essas respostas. Assim como no ensino tradicional, a criança é considerada, predominantemente, um receptor passivo de estímulos exteriores sistematizados pelo professor.

O Construtivismo, por sua vez, considera o erro parte do processo, tem lugar no mecanismo produtivo na construção do conhecimento. Para tanto, a autorregulação foi defendida por Piaget. Autorregular-se significa retomar algo que precisa ser corrigido no processo de construção das estruturas, dos conceitos ou das ideias (MACEDO, 2010, p. 72).

Por meio do erro, há a possibilidade de descobrir o percurso do pensamento do sujeito: *“a criança necessita passar por um certo número de fases caracterizadas por ideias que adiante irá considerar como erradas, mas que tem seu valor para o encaminhamento às soluções finais corretas”* (PIAGET, 2000, p. 18).

As diferentes respostas e exposições de pensamento fornecidas pelos alunos são produtos das suas regras de produção ou procedimentos, explica Vergnaud. Trata-se de uma oportunidade de verificar os “teoremas implícitos” que são expostos por meio das informações ou invariantes operatórios que o sujeito dispõe.

A solução do problema é a fonte e critério do conhecimento. É na solução do problema, ou mais geralmente no tratamento de problemas situacionais, que as noções são desenvolvidas e que as propriedades relevantes são abstraídas. É também na resolução de problemas que se testa o conhecimento operacional. O psicólogo e o professor podem formar uma imagem dos saberes e representações dos alunos a partir dos observáveis à sua disposição, ou seja, as ações do sujeito em situação e os testemunhos simbólicos que o sujeito fornece de sua atividade: formulações verbais, desenhos, diagramas, escritos... (VERGNAUD, 1981, p. 220).

Como destacado por Bianchini e Vasconcelos (2017, p. 1046-1047), o erro torna-se positivo quando o sujeito se apropria dele, compreendendo-o e, por consequência, superando-o por meio de uma ação. Quando tem a possibilidade de modificar seus esquemas, ampliando sua estrutura de compreensão sobre a realidade.

Na perspectiva do professor, o erro está relacionado com os compromissos, indissociáveis e solidários, que são de natureza científica, psicológica e didática. Científica, porque o professor deve estar comprometido com a área e os objetos do conhecimento da disciplina que leciona. Simultaneamente, deve considerar os aspectos psicológicos e cognitivos da criança, além dos sociais e emocionais. Quanto à didática, compromete-se com a metodologia adequada de ensino (MACEDO, 2010, p. 67).

A Psicologia Genética contribuiu teoricamente acerca da caracterização do erro. Os erros deixaram de ser uma dificuldade ou incapacidade e passaram a ser utilizados para entendimento da lógica infantil, que, até então, era balizada pela perspectiva adulta. Ao se deparar com uma tarefa, traça planos de ação, modificando-os a fim de chegar ao resultado, fazendo correções em função dos êxitos ou fracassos das suas ações. Desse modo, as atenções

devem ser direcionadas às ações da criança no processo de solução de uma tarefa, ou seja, aos aspectos não estruturais (CASÁVOLA *et al.*, 1988, p. 33).

Ao falar em repensar o ensino, é preciso ir além do ensino por resultados. Há supremacia na valorização dos resultados do cálculo e não no processo de chegada a esse cálculo. É preciso compreender o processo de construção do conhecimento e, para isso, o conteúdo deve ser entendido como meio e não como objetivo (BECKER, 2003, p. 17).

### 3.10 O ENSINO DE CIÊNCIAS E FÍSICA

Este tópico discorre sobre trabalhos que se ocuparam em pesquisar sobre a aprendizagem e o ensino de Ciências, de Física e os fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação nestas áreas do conhecimento.

Os textos de Moreira (2018, 2021) tratam sobre os problemas que ocorrem no ensino de Física no Brasil, que estampam o desinteresse dos alunos por esta disciplina. A experiência de cinquenta anos do autor como professor de Física na educação básica e superior trazem contribuições para a reflexão destes problemas persistentes. Moreira explicita que o ensino de Física é problemático, baseado na memorização de fórmulas e definições para serem reproduzidas em provas e, que logo depois, serão esquecidas. Nessas circunstâncias, não há espaço para a aprendizagem significativa.

A cultura do ensino para testagem, tem nome, e, em Inglês, é conhecida por “*teaching for testing*”. Neste tipo de ensino, a escola é como um centro de treinamento que atende a demanda do mercado de trabalho. Professores e alunos são regidos por esse acordo implícito: o professor realiza o treinamento para os testes e o aluno é treinado para dar as respostas corretas em provas (MOREIRA, 2021, p. 1).

De acordo com Zabala (2014), nas provas orais ou escritas que pedem ao aluno a definição de um conceito, habitualmente, as respostas mais adequadas são as que coincidem com a definição do livro-texto ou dos apontamentos de aula, e assim:

O aluno responde como se estivesse enumerando as obras mais importantes de qualquer pintor ou os personagens principais de qualquer movimento literário, como se descrevesse um fato de forma mecânica. Muitos de nós aprendemos neste sistema e, portanto, somos capazes de repetir perfeitamente a definição do princípio de Arquimedes, o enunciado da lei de Gay Lussac ou a definição de ilha, sem relacionar o que dizemos com nenhuma interpretação do que acontece quando estamos imersos num líquido, nem de que relações existem entre a temperatura que faz e o que sentimos sobre a pressão atmosférica, para não dizer entre o conceito real que temos de ilha e o que pronunciamos quando a definimos (ZABALA, 2014, p. 266).

Esse ciclo repetitivo de treinamento, característico de um ensino mecânico, impossibilita aproveitar o máximo o que a Física tem a oferecer na aprendizagem dos alunos. Posto que: *“ensinar e aprender Física envolve conceitos e conceitualização, modelos e modelagem, atividades experimentais, competências científicas, aprendizagem significativa, dialogicidade, criticidade e interesse, que constituem desafios para o ensino de Física”* (MOREIRA, 2021, p. 1).

A pesquisa de Anjos, Moreira e Sahelices (2015, p. 321) analisou o tratamento das equações matemáticas nos conteúdos de Física em livros didáticos recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Correlacionaram o tratamento metodológico-didático das equações matemáticas nos textos como um possível obstáculo pedagógico para o aprendizado significativo dos saberes físicos. É evidente que as equações matemáticas são imprescindíveis no estudo dos conteúdos físicos, contudo, os autores verificaram que, em todos os livros analisados, ocorre excesso de formalismo matemático, como ao tomar a formulação matemática como base para explicação dos fenômenos e/ou definição de significados e conceitos físicos.

Anjos, Moreira e Sahelices (2015, p. 323) reiteram que colocar primazia nas equações ou em procedimentos matemáticos, deixando em segundo plano o tratamento dos conceitos, contribui para que os alunos resolvam os problemas físicos por caminhos puramente matemáticos, sem entender os conceitos envolvidos. Esse tratamento compromete a compreensão dos conceitos e significados físicos que permeiam o problema, pois, embora o aluno saiba resolver o problema por meio de fórmulas (conhecimento procedimental), não sabe descrever o significado dos conceitos (conhecimento declarativo) envolvidos.

Diante disso, o *“entendimento excessivamente matematizado de uma expressão consiste, apenas, em munir o estudante de um instrumento de cálculo, em detrimento do aspecto fenomenológico que ela própria descreve”* (ANJOS; SAHELICES; MOREIRA, 2015, p. 675).

Segundo Moreira (2018, p. 76) a Física tem na sua base a modelagem, assim sendo, os conceitos devem ser mais importantes do que as fórmulas. Do mesmo modo, aprender a perguntar em Física é mais importante do que saber respostas corretas. O ensino deve dar atenção à didática específica e à transferência didática, sem isso não se chegará à aprendizagem significativa e os alunos passarão pelos conteúdos físicos apenas para “passar”.

A Física está na base da tecnologia e o conhecimento físico é importante para a cidadania. A Física tem conceitos, perguntas, modelos, teorias que não são definitivos, mas que geram asserções de conhecimento altamente relevantes para o mundo de hoje. Além disso, aprender Física pode levar ao desenvolvimento de processos cognitivos, de uma consciência epistemológica e crítica (MOREIRA, 2018, p. 77-78).

Sobre a escolha das atividades a serem trabalhadas em sala de aula, a teoria dos Campos Conceituais enfatiza a importância de um conjunto variado de situações-problema para dar sentido ao processo de conceitualização e aos conceitos envolvidos (VERGNAUD 1990 *apud* MOREIRA, 2018, p. 78).

As primeiras situações devem ter coerência com a realidade do aluno, podendo ser introduzidas em níveis crescentes de complexidade. Um dos erros no ensino de física é deixar de lado situações que tenham sentido para os alunos, o que não significa deixar de lado as situações abstratas e complexas, mas que estas devem ser trazidas ao ensino no momento apropriado (MOREIRA, 2021, p. 2).

Carvalho e Sasseron (2015, p. 250) desenvolveram um trabalho com atividades investigativas no ensino de Física. O objetivo foi proporcionar que os alunos vissem sentido no conjunto de teorizações, que entendessem a Física como uma forma diferente de pensar e falar sobre o mundo. Assim, o problema da pesquisa foi organizar o ensino de modo que os alunos possam ter contato com a cultura científica por meio da promoção de condições para que falem e executem práticas investigativas durante as atividades.

Todavia, para promover o ensino por investigação, Carvalho e Sasseron (2015, p. 250) explicitam a distância dos objetivos e a construção do conhecimento entre os cientistas, os físicos e os alunos que aprendem Física na escola básica. Não se deve conceber os alunos como cientistas mirins, mas adaptar os principais aspectos do processo científico para o ensino.

Outra concepção que permeia o ensino com base na proposta da enculturação científica é a relação intelectual entre o professor e o aluno. A transmissão de todo o raciocínio e estrutura do conhecimento não podem ser exclusividade do professor. Nessa proposta, o aluno é intelectualmente ativo na aula, Carvalho e Sasseron (2015, p. 250) se referem a liberdade intelectual, isto é, a liberdade de pensar e de argumentar sobre o que está aprendendo.

Para a superação desse modelo tradicional de ensino, o professor passa a tarefa de raciocinar para o aluno e sua ação não é mais de expor, mas de mediar as reflexões do aluno na construção do novo conhecimento (CARVALHO, 2013, p. 2). Como escreveu Piaget: “a

*verdade deve ser reinventada e reconstruída pelo próprio aluno, o educador é indispensável na criação de situações, em suscitar problemas, e, por conseguinte, propor contra-argumentos que levem a criança a refletir e pesquisar suas próprias afirmações”* (PIAGET, 2000, p. 15).

### 3.11 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Carvalho e Sasseron (2008, p. 334) utilizam a expressão “Alfabetização Científica” com base na ideia de alfabetização de Paulo Freire: *“a alfabetização deve possibilitar ao analfabeto a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que o cerca”*.

Para saber se um trabalho voltado para a Alfabetização Científica está sendo desenvolvido com os alunos, Carvalho e Sasseron (2008, p. 337-338) aludem aos indicadores que devem ser encontrados nas aulas de Ciências. Para o início da Alfabetização Científica, os alunos devem ter contato e conhecimento de habilidades legitimamente associadas ao trabalho do cientista. Esse trabalho pode ajudar o professor a observar e analisar o modo como seu aluno reage e age diante de um problema durante as discussões e os debates que vão sendo estabelecidos na aula.

Para entender as competências próprias do científico em aulas de ciências, toma-se como referência estes indicadores apontados por Carvalho e Sasseron. Essas competências são comuns na resolução, na discussão e na divulgação de problemas em quaisquer das Ciências; sendo desenvolvidas e utilizadas na busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levam ao entendimento dele.

Os indicadores são organizados em três grupos. Cada grupo representa um bloco de ações que são colocadas em prática diante do problema a ser resolvido (CARVALHO; SASSERON, 2008, p. 338-339).

O primeiro grupo de indicadores está relacionado ao trabalho com os dados obtidos em uma investigação. Os indicadores deste grupo são importantes na investigação, pois se conhecerão as variáveis envolvidas no problema. As tarefas são organizar, classificar e seriar estes dados: *seriação de informações*. Recorre à seriação de informações quando se almeja o estabelecimento de bases para a ação, sem, necessariamente, ter uma ordem estabelecida. Outro indicador, a *organização de informações*, acontece na discussão sobre como o trabalho foi realizado. Pode surgir no início da proposição de um tema, bem como, na retomada das informações anteriores. A *classificação de informação* é o momento de ordenação dos

elementos trabalhados e na busca por relações entre eles. Pode ser entendido como uma busca para conferir a hierarquia das informações obtidas.

O segundo grupo de indicadores compõe-se das dimensões relacionadas à estruturação do pensamento e das afirmações realizadas durante as aulas de Ciências. Trata-se das formas de organizar o pensamento que são indispensáveis na construção de uma ideia lógica e objetiva nas relações reguladoras do comportamento dos fenômenos naturais. Os indicadores deste grupo são o *raciocínio lógico* e o *raciocínio proporcional*. O primeiro está diretamente ligado à forma como o pensamento é exposto, do modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas. O segundo indica como se estrutura o pensamento, as relações que as variáveis têm entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas.

O último grupo de indicadores aparece nas etapas finais da atividade de investigação e no momento da discussão. Estão diretamente ligados em entender a situação analisada. São caracterizados pelo trabalho com as variáveis envolvidas no fenômeno e na busca por relações que descrevem as situações para aquele contexto e outros semelhantes.

Faz parte deste último grupo de indicadores o *levantamento de hipóteses*, ou seja, as suposições sobre o tema. O *teste de hipóteses* é o momento em que se colocam à prova as primeiras hipóteses levantadas, por meio da manipulação de objetos e/ou no nível das ideias. A *justificativa* é a sustentação da afirmação proferida. Outro indicador, o da *previsão*, é a associação do fenômeno e/ou ação que acontece a outros acontecimentos. A *explicação* nasce da busca por relacionar informações e hipóteses já levantadas, que podem ser construídas e aprimoradas no decorrer das discussões.

As pesquisas em ensino de Ciências por investigação (CARVALHO, 2013, 2018; CARVALHO *et al.*, 1998; CARVALHO; SASSERON, 2008; CARVALHO; SASSERON, 2015; CARVALHO; SEDANO, 2017; SASSERON, 2013) têm mostrado que o ambiente investigativo na sala de aula contribui gradativamente para a ampliação da cultura científica, bem como, na alfabetização científica dos alunos.

Conceber um ambiente de ensino pautado na aprendizagem dos conceitos envolvidos com base na investigação pode ser proposto por meio de uma SEI que, aliás, tomamos como fundamento para a elaboração das atividades do produto educacional da nossa pesquisa. O capítulo que segue aprofunda sobre as etapas metodológicas que constituem uma aula sobre conhecimento físico, alicerçado no livro de Carvalho *et al.* (1998), dentre outras pesquisas que subsidiaram as diretrizes teóricas e metodológicas desta pesquisa.

#### 4 AS ETAPAS DE UMA AULA SOBRE CONHECIMENTO FÍSICO

O trabalho centrado na investigação, segundo Carvalho (2013, p. 9), propõe um conjunto de atividades em uma Sequência de Ensino Investigativas (SEIs), com a finalidade de desenvolver conteúdos e temas científicos. Uma SEI deve ser organizada a fim de oferecer aos alunos condições para desenvolver as próprias ideias e discuti-las com seus pares. Na proposta de Carvalho, o aluno tem a possibilidade de vivenciar a prática da cultura científica ao adquirir condições de entender conhecimentos já estruturados da Ciência.

Em uma proposta de ensino de Ciências por investigação, segundo Sedano e Carvalho (2017, p. 202-203), destacam-se a importância do trabalho em grupo e das múltiplas possibilidades dos alunos vivenciarem aspectos da cultura científica. Assume-se a responsabilidade em cada etapa do trabalho: da problematização; das atividades experimentais e exploratórias; da discussão entre os pares; do registro do processo e dos resultados; e das relações do tema da investigação com o cotidiano e na socialização dos resultados.

Cabe esclarecer que o termo “experimental” não condiz, necessariamente, a um trabalho em laboratório. Neste caso, professor e aluno desempenham papéis de cientistas e uma atividade experimental não implica, fundamentalmente, o trabalho laboratorial e vice-versa. O trabalho prático, por si mesmo, pode assumir características de trabalho experimental (PEREIRA; MOREIRA, 2017, p. 286).

As atividades que compõem a SEI, segundo Carvalho (2013, p. 9), devem ter um *problema*, experimental ou teórico e contextualizado, a fim de aproximar os alunos no tema a ser trabalhado. Encontrada a solução do problema, segue-se para uma atividade de *sistematização* do conhecimento construído pelos alunos, que pode ser por meio da leitura de um texto escrito seguido de uma discussão entre os alunos, relacionando o que fizeram e o que pensaram na resolução do problema com o relato do texto. Por fim, uma terceira atividade que promova a *contextualização* do conhecimento no dia a dia dos alunos, dando condições para que reconheçam a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social. Uma SEI pode adotar vários ciclos destas três etapas de atividades ou mesmo outros tipos delas que precisam ser planejadas, tudo dependerá da demanda do conteúdo curricular que se pretende trabalhar.

Para Sedano e Carvalho (2017, p. 202), a metodologia de Carvalho *et al.* (1998) contempla a proposta de Ensino de Ciências por Investigação ao oportunizar aos alunos vivenciarem as etapas do fazer científico. Carvalho *et al.* explicitam o objetivo das suas atividades:

É exatamente isso o que queremos com nossas atividades: primeiramente, criar condições em sala de aula para que os alunos consigam “fazer”, isto é, resolver o problema experimentalmente; depois, que eles compreendam o que fizeram, isto é, que busquem, agora em pensamento o que fizeram, isto é, que busquem, agora em pensamento, o “como” conseguiram resolver o problema e o “porquê” de ele ter dado certo (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 22).

Os três ciclos de etapas de uma SEI: problematização, sistematização e contextualização propostos por Carvalho (2013) são esmiuçados em outro texto da autora (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 40-44), no qual o objetivo de trabalho era o ensino e a aprendizagem do conhecimento físico nas primeiras séries do ensino fundamental. Nesta obra, os autores verificaram os resultados da aplicação de quinze atividades sobre conhecimento físico com uma determinada população de alunos.

Entendemos as aproximações deste trabalho com os objetivos da nossa pesquisa, assim, as linhas a seguir tratam das etapas do ensino por investigação propostas em Carvalho *et al.* (1998) que fundamentam parte da base metodológica e o produto educacional da nossa pesquisa.

A primeira etapa de aplicação de uma SEI é a proposição de um problema. As situações-problema devem ser do interesse dos alunos para que despertem a curiosidade pela atividade. Além de terem relação com a cultura social dos estudantes. Desse modo, no processo de busca por uma solução, os alunos expõem os conhecimentos já adquiridos (espontâneos ou já estruturados) sobre o tema (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 15; CARVALHO 2013, p. 11).

Para gerenciamento das ações e planejamento das interações, em um problema experimental, o professor divide os alunos em grupos pequenos, de quatro ou cinco estudantes. Os grupos pequenos facilitam o diálogo e permitem que os alunos possam manipular o material (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 40).

Carvalho (2013, p. 11) enfatiza que, na proposição do problema, o professor deve ter o cuidado para não comunicar a solução para os alunos, verbalmente ou por meio de gestos. Qualquer sugestão para a resposta elimina a possibilidade do aluno pensar. Assim como Piaget (2005, p. 16-17) que descreveu a crença sugerida, caracterizada pela sugestibilidade e, que deve ser evitada. O interesse é que a solução seja encontrada por construção dos próprios alunos. Neste sentido, segundo Alrø e Skovsmose (2010, p. 25-26) uma mensagem dúbia pode deixar os alunos confusos ou conduzir para o jogo da adivinhação, quando o aluno tenta descobrir o que o professor quer dizer ou tem em mente. Nesse jogo, o aluno prioriza a perspectiva do professor em detrimento da sua própria.

Após a apresentação do problema e a distribuição dos materiais, os alunos começam a testar as diferentes maneiras de agir, a fim de chegarem à solução do problema. Nesta segunda etapa, os alunos agirão sobre o objeto para ver como eles reagem. Para os alunos, é o momento de exploração e manipulação do material. Para o professor, é o momento de verificar que todos os alunos tenham a oportunidade de conhecer os objetos que serão utilizados e compreendam a situação-problema proposta.

Familiarizados com o material, os alunos agirão sobre os materiais, agora efetivamente, na busca pela solução do problema. Esta etapa é denominada de “agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado” (fazer). Os alunos contarão para o professor o que estão fazendo para encontrar a solução do problema e o professor tem a oportunidade de apresentar contra-argumentos que obriguem os alunos a refazerem mentalmente suas ações (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 41).

Nessa rede de colaboração do trabalho grupal, faz-se importante discutir sobre a “ajuda” do professor para o aluno. Novamente, retoma-se a questão da sugestionabilidade, aludida, agora por Macedo: “*o professor deve cuidar para que essa ajuda não leve à sugestionabilidade*”. O trabalho colaborativo, por meio das perguntas ou falas (de professores e colegas), permite ao aluno produzir ou constatar algo que, sozinho, não faria por si mesmo. O que o aluno faz é dele, produto do que ele pensa ou que acredita, do que ele construiu (MACEDO, 2010, p. 108).

Seguindo na organização de uma SEI, após o “fazer” vem o “compreender”, uma vez que resolver o problema não significa que a atividade terminou. As etapas seguintes correspondem a sistematização dos conhecimentos que serão elaborados pelos grupos. (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 22).

Por meio da sistematização de um problema experimental, ocorre a passagem da ação manipulativa à ação intelectual. Os alunos contarão para o grande grupo as hipóteses levantadas, tanto as que deram certo como as que deram errado. Em alguns momentos da discussão, as explicações causais e a discussão com os colegas trazem a necessidade por uma palavra ou uma denominação para aquele efeito observado: um significante. O momento é oportuno para o professor apresentar as palavras científicas que faltam no vocabulário dos alunos. Assim, os alunos começam a aprender a “falar de ciência” (CARVALHO, 2013, p. 12-13).

Na etapa denominada “Tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado (Como)”, os grupos são desfeitos e os alunos devem ser organizados em um grande círculo. Toda a turma pensará e falará sobre a atividade. Questionados pelo professor, os alunos

contam como encontraram a solução da situação-problema e quais foram os procedimentos utilizados (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 49).

A disposição dos alunos em círculo ou semicírculo proporciona que a atenção seja deslocada para quem tem a palavra, valorizando quem fala. Aos demais alunos, os que escutam, possibilita que organizem suas próprias ideias e comparem os pontos de vista. Além disso, evita que a discussão fique entre o professor e um ou dois alunos. Esta etapa deve ser respeitada, pois complementa a etapa posterior, a das “explicações causais”. Carvalho e outros autores recomendam que o professor ouça com entusiasmo todos os relatos, assegurando o compromisso com aspectos socioafetivos relacionados com a aprendizagem. (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 41).

A etapa das “explicações causais (porque)” é diretamente vinculada à etapa anterior. A discussão prossegue quando o professor questionar o porquê do resultado obtido. Contudo nem sempre somente pelo “porquê” se obtém, de imediato, uma explicação. O professor deve ouvir com paciência o que seu aluno explica e, em seguida, refazer a pergunta para que ele possa reformular seu argumento. Os autores recomendam que o professor utilize formas de perguntar, como, por exemplo: “Conte-me o que você fez” ou “Explique por que deu certo”, pois, possibilitam que a construção dos conceitos apareça no desenvolvimento das respostas destas questões (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 42).

Ao ouvir o aluno, o professor, pacientemente, refaz a pergunta, contra-argumentando e permitindo que a criança avance em sua compreensão. As perguntas devem ter qualidade para o estabelecimento de uma conversa produtiva: *“Mão e cabeça devem andar juntas. Agir sem refletir resume-se a puro ativismo, e reflexão sem ação resume-se a verbalismo”* (ALRO; SKOVSMOSE, 2010, p. 14).

É durante as etapas de reflexão sobre o como - a fase da tomada de consciência de suas próprias ações - e de procura do porquê - fase das explicações causais - que os alunos têm a oportunidade de construir sua compreensão dos fenômenos físicos. E, enquanto contam o que fizeram para o professor e para a classe e descrevem suas ações, vão estabelecendo, em pensamento, as próprias coordenações conceituais, lógico-matemáticas e causais (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 22).

Sasseron (2013, p. 43) atenta para o cuidado de não transformar o debate em uma conversa banal. Para isso, o objetivo da atividade precisa estar claro para o professor, ou seja, que ele saiba as perguntas que devem ser feitas, os problemas a serem propostos, bem como, contra-argumentar os comentários e as informações trazidas pelos estudantes. A autora

previne que nem sempre a resposta dos alunos virá em palavras faladas, mas, em alguns casos, na ausência delas, os gestos auxiliarão na expressão das ideias.

Na sexta etapa de uma SEI denominada “Relacionando com o cotidiano”, a conversa pode ser estabelecida por questões como: “Onde vocês veem isso em nosso dia a dia?”. As atividades trabalhadas devem ser relacionadas ao cotidiano físico dos alunos, em situações e exemplos que são familiares para eles e que estejam alinhados às questões que deverão dar suporte para as discussões em grupos. Essas atividades podem ser trabalhadas por meio de coleções de figuras recortadas de revistas, textos, jogos, pequenos vídeos, e/ou simuladores encontrados na Internet. Os textos de contextualização, possibilitam o aprofundamento do trabalho, em especial com anos finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio (CARVALHO, 2013, p. 17).

Na última etapa “Escrevendo e desenhando”, os alunos são convidados a relatar por meio de texto e/ou desenhos a sua compreensão do que foi trabalhado na atividade. Não trata-se de um relatório-padrão. Recomenda-se que o professor não utilize sequer o quadro para escrever perguntas ou pontos sobre os quais os alunos devem apoiar seu relato, a fim de evitar que caiam nos moldes de um questionário. O relato deve ser espontâneo e individual, o aluno recorrerá aos aspectos que mais lhe chamou a atenção durante a aula. Por isso, devem ser realizados, imediatamente, após os experimentos e as discussões (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 43).

Os registros são importantes para as avaliações e reflexões do professor sobre o trabalho desenvolvido, a aprendizagem do aluno, a escrita, a organização das informações, o valor dado ao trabalho em grupo, dentre outros; além de reforçar a relação interdisciplinar com a Língua Portuguesa, como destaca Carvalho *et al.* (1998, p. 24-25).

## 5 METODOLOGIA DA PESQUISA

O trabalho desenvolvido consistiu na elaboração de uma sequência de atividades, um conjunto de situações-problema, sobre conhecimentos de Física e Matemática. Essas atividades são vinculadas ao produto educacional (Apêndice A). Por meio da análise da aplicação em sala de aula, explicitaram-se as reflexões, os obstáculos e os desafios vivenciados.

Integrar conceitos de Física e Matemática na proposta nas atividades se justifica na concepção de que, no trabalho com os conhecimentos físicos, estão, também, envolvidos conhecimentos matemáticos. As atividades apresentam um conjunto de situações que abordam um feixe de vários conceitos, uma vez que *“não há conceitualização sem a construção de invariantes, porque se trata justamente de dominar uma variedade de casos”* (VERGNAUD, 2002, p. 7).

O levantamento das obras pertinentes e teorias de base auxiliaram na elaboração das atividades, bem como, na análise das respostas dos alunos diante das situações. O trabalho foi aplicado em nossa própria sala de aula e considerou: (i) os registros das atividades realizadas pelos alunos; (ii) as observações do caderno de campo da professora; e (iii) os diálogos estabelecidos durante as atividades. O capítulo seguinte detalha estas análises.

Conforme o mapeamento apresentado no estado da arte, adotamos as vertentes do método clínico piagetiano, não em caráter clínico ou psicopedagógico (diagnóstico). Tampouco, recorreremos à interpretação: estágios do desenvolvimento *versus* condições de aprendizagem e ensino. O interesse pelo valor pedagógico do método clínico foi estabelecer condições para conhecer as percepções e os entendimentos dos nossos alunos.

O método clínico possibilita tomadas de consciência sobre um determinado assunto, permitindo a generalização e a construção do conhecimento. Segundo Keback (2007, p. 45), associado a um ambiente de pesquisa em sala de aula, permeado por situações-problema, trabalho em grupo, diálogos e novas investidas de organizações, o método pode proporcionar que novos desequilíbrios sejam provocados nos sujeitos envolvidos.

Apropriou-se da síntese realizada por Delval (2006, p. 521-523) que reúne aspectos metodológicos do método clínico na realização de uma pesquisa:

- a) o primeiro passo é a determinação de um problema, passível de ser estudado;
- b) por mais novo que seja o problema que consideramos estudar, o mais comum é que exista algum tipo de investigação antecedente. Partindo disso, é indispensável realizar a análise da bibliografia (o estado da arte);
- c) um aspecto essencial da investigação, quase se poderia dizer o mais importante, embora todos sejam, refere-se aos objetivos, às hipóteses e às expectativas do pesquisador acerca dos resultados. De modo resumido, serão os objetivos e interesses do pesquisador que determinarão os rumos da pesquisa.

A pesquisa pode ser classificada como qualitativa, pois objetivou analisar as interações e as relações dialógicas que foram desenvolvidas nas aulas. Neste caso, a coleta de dados, conforme Creswell (2007, p. 189), pode ocorrer por meio de observações e entrevistas desestruturadas (ou semiestruturadas), pela análise de documentos e materiais visuais, e/ou estabelecendo um protocolo para o registro das informações.

Creswell (2007, p. 190) considera que uma pesquisa qualitativa envolve quatro tipos básicos de procedimentos de coleta: as observações, as entrevistas, a coleta de documentos, e o uso de material de audiovisual. Desses quatro tipos básicos, três deles se relacionaram com esta pesquisa: as observações, as entrevistas e a coleta de material. Nas observações, o envolvimento do observador qualitativo pode variar de não participante até integralmente participante. Por meio das observações, o pesquisador toma suas notas de campo sobre o comportamento e as atividades das pessoas envolvidas na pesquisa.

Para o registro dos resultados da aplicação das atividades, recorreu-se ao caderno de campo como instrumento de registro dos acontecimentos que permearam a sala de aula. O registro seguiu as sugestões de Bogdan e Biklen (1992, p. 121 *apud* CRESWELL, 2007, p. 193) denominadas de *protocolo observacional*. O protocolo pode ser uma única página com uma linha divisória. Em uma parte da divisória, registram-se as *notas descritivas*, ou seja, a descrição dos participantes, uma reconstrução de diálogo, uma descrição do cenário físico, relatos de eventos ou atividades. Na outra parte, as considerações pessoais do pesquisador, as *notas reflexivas*, isto é, as especulações, os sentimentos, os problemas, as ideias, os pressentimentos, as impressões e os preconceitos.

## 5.1 A ESCOLA, OS ALUNOS E A PROFESSORA

Para execução da proposta deste trabalho, como amostra, participaram uma turma de 32 alunos do sétimo ano do Ensino Fundamental da Escola Municipal Lauro Rodrigues, localizada na cidade de Porto Alegre-RS. A escolha por este grupo de alunos se justifica pelo tempo de trabalho que totalizou um pouco mais de um ano. Esta relação, que já dispúnhamos, possibilitou recorrer às estratégias metodológicas que consideramos pertinentes.

A condução deste trabalho perpassou pela participação em grupos de discussão, e reflexão e pesquisa sobre a prática docente, a saber: i) o Grupo de Supervisão de Dissertação, ii) o Seminário que constitui o Mestrado do PPGSTEM, iii) o Grupo de Pesquisa-ação Remoto (GPA-R) e iv) o Grupo de Pesquisa-Ação Diferencial e Produtos Educacionais<sup>6</sup>. Nesses espaços, os professores discutem suas experiências em sala de aula enquanto trocam conhecimentos com objetivo de melhorar as intervenções pedagógico-didáticas em suas próprias salas de aula.

O trabalho de pesquisa-ação tem por base Thiollent (1985, p. 14) que associa a pesquisa-ação à ação do grupo de pesquisadores na resolução de um problema coletivo. Para Thiollent (1985, p. 73), além de orientar no esclarecimento das microssituações escolares, a orientação metodológica da pesquisa-ação contribui para que educadores possam produzir informações e conhecimentos de uso mais efetivo em nível pedagógico. Assim, contribui para o estabelecimento dos objetivos de ação pedagógica e na transformação da própria realidade.

## 5.2 A SEQUÊNCIA DE SITUAÇÕES-PROBLEMA SOBRE SOBRE CONHECIMENTOS FÍSICOS E MATEMÁTICOS: O PRODUTO EDUCACIONAL

A seguir, apresentamos, no Apêndice A, o detalhamento das atividades do produto educacional da pesquisa. As diretrizes teórico-metodológicas baseiam-se no método clínico piagetiano, na investigação no contexto de ensino e aprendizagem, e na colaboração entre os pares. Para a elaboração e análise da aplicação destas atividades, buscou-se dialogar com os construtos teóricos do Construtivismo e da teoria dos campos conceituais de Vergnaud.

Convém dar os créditos às pesquisas sobre Ensino por Investigação (ALRØ; SKOVSMOSE, 2010; BONGIORNO; SOUZA, 2009; PONTE; BROCARDO; OLIVEIRA, 2003; CARVALHO, 2013, 2018; CARVALHO *et al.*, 1998; CARVALHO; SASSERON, 2015, 2008; SEDANO; CARVALHO, 2017) que foram referenciais para a elaboração destas

---

<sup>6</sup> [dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/4767711656550967](http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/4767711656550967)

atividades. Estas e outras pesquisas contribuem sugerindo atividades que possibilitam aos professores-pesquisadores prever as dificuldades que possam aparecer em uma aula baseada na investigação.

Além da inspiração nos estudos realizados por Piaget e Inhelder (1975): “O desenvolvimento das quantidades físicas nas crianças”, outras referências sustentaram a elaboração das atividades que apresentamos: o livro “Ensino de ciências por investigação” (2009), resultante das pesquisas coordenadas Angelina Sofia Orlandi e Dietrich Schiel, membros do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC/USP); os planos de aula do site Nova Escola; os estudos sob organização e autoria da professora Anna Maria Pessoa de Carvalho, em especial, os livros intitulados: “Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula” (2013) e “Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico” (1998).

Embora pautadas nestas referências, as atividades foram parametrizadas pelo contexto das turmas. Para o desenvolvimento da pesquisa e para a elaboração do produto educacional, as atividades investigativas foram organizadas por meio de uma SEI, destinadas às turmas de sétimo ano do Ensino Fundamental. Tomamos como base a sequência proposta por Carvalho *et al.* (1998, p. 40-44), dividida em 07 (sete) etapas, como descrito no capítulo anterior: 1) proposição de um problema; 2) agindo sobre os objetos para ver como eles reagem; 3) agindo sobre os objetos para obter o efeito desejado; 4) tomando consciência de como foi produzido o efeito desejado; 5) dando as explicações causais; 6) escrevendo e desenhando; e 7) relacionando atividade e cotidiano.

O trabalho de Carvalho juntamente com outros autores apresenta atividades sobre o conhecimento físico para crianças do ensino fundamental, sob a ótica da investigação, da ação e da reflexão. O objetivo dessas atividades aproxima-se aos interesses desta pesquisa: criar condições para o aluno pensar sobre o mundo que o rodeia. O ato de pensar, para os autores, significa conseguir resolver um problema com o grupo, estabelecendo e testando suas próprias hipóteses; sistematizar esse conhecimento tomando consciência do que foi feito por meio da discussão; e elaborar textos ou desenhos sobre o conhecimento produzido (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 7).

Em todas as atividades do produto educacional (Apêndice A), descrevemos as possíveis ações do professor, dada a importância do papel de mediação e orientação nestas atividades. Como o trabalho tem por base o método clínico, em concordância com o referencial bibliográfico, considerou-se: a proposição de tarefas, a execução destas pelos

alunos, a observação das conversas e das intervenções por parte do professor, e a análise dos registros dos alunos.

### 5.3 AVALIAÇÃO

Ao final de uma atividade investigativa, a avaliação da aprendizagem dos alunos foi pautada na avaliação dos conceitos, dos termos e das noções científicas, avaliação das ações e procedimentos, e avaliações das atitudes durante as aulas; transpassando as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (CARVALHO, 2013, p. 18).

A avaliação pensada como formativa propicia a autoavaliação por parte dos alunos. Ao professor, cabe a tarefa de mediar e orientar os avanços e as conquistas a serem alcançados. (CARVALHO, 2013, p. 19).

Por meio das observações em sala de aula, dos comportamentos, das falas e dos registros dos alunos, estabelecemos uma avaliação alinhada com as características do ensino proposto, adotando os vieses da avaliação formativa como descreve Zabala (2014):

[...] o termo formativo para uma determinada concepção da avaliação em geral, entendida como aquela que tem como propósito a modificação e a melhora contínua do aluno que se avalia; quer dizer, que entende que a finalidade da avaliação é ser um instrumento educativo que informa e faz uma valoração do processo de aprendizagem seguido pelo aluno, com o objetivo de lhe oportunizar, em todo momento, as propostas educacionais mais adequadas (ZABALA, 2014, p. 260).

A avaliação do trabalho por meio de atividades de investigação (PONTE; BROCARDI; OLIVEIRA, 2003; CARVALHO, 2013; CARVALHO *et al.*, 1998) foram ponderadas por meio de: observações informais, apresentações orais e pelo registro escrito e/ou por desenho, gráficos, tabelas etc.

As observações informais ocorrem enquanto os alunos trabalham na solução do problema; bem como, por meio das perguntas realizadas pelo professor, para perceber melhor o que estão fazendo e como estão pensando (PONTE, BROCARDI; OLIVEIRA, 2003, p. 124).

Quando os alunos expõem para o grande grupo “como” resolveram a atividade e ao explicar o “por quê” daquele fenômeno ou conceito, é possível observar sua capacidade de argumentação e comunicação. As apresentações orais possibilitam ao professor conhecer como o aluno estruturou seu conhecimento, entender os progressos e trazer sugestões sobre aspectos que precisam melhorar (PONTE, BROCARDI; OLIVEIRA, 2003, p. 125).

Sobre os registros dos alunos sobre as situações-problema, foram analisados: (i) a descrição dos passos que se seguiu para explorar a tarefa explicados de forma clara e organizada, podendo ser apresentados por meio de tabelas, desenhos ou esquemas; (ii) a síntese do que aprendeu no trabalho realizado; por fim, (iii) como o aluno descreveu os interesses que a tarefa lhe despertou, o que teve dificuldade e a importância do trabalho em grupo. (PONTE, BROCARDI; OLIVEIRA, 2003, p. 110-111).

Nas dimensões atitudinais e procedimentais, nortearam nossas análises: (i) os registros de escrita, a forma como os alunos descrevem os verbos no plural valorizando e respeitando o trabalho realizado em grupo; (ii) a aprendizagem atitudinal observada em comportamentos como esperar a vez do outro falar na discussão com o pequeno e grande grupo; (iii) a aprendizagem procedimental, observada pela descrição das ações tomadas durante a atividade e na construção da relação de causa e efeito do tema investigado. (CARVALHO, 2013, p. 19-20).

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como explicitado nos capítulos anteriores, o produto educacional desenvolvido neste trabalho, uma sequência de atividades sobre conhecimentos de Física e Matemática com base no ensino por investigação, foi elaborado com o intuito de aperfeiçoar o trabalho didático-pedagógico por meio das contribuições teóricas de Piaget e do método clínico.

O trabalho e as intervenções foram realizadas pela professora e pesquisadora em sua própria sala de aula. A estratégia de ensino adotada foi experimental e pode ser caracterizada como uma Engenharia Didática (ARTIGUE 1998, 2002) tendo como produto educacional uma SEI sobre conceitos físicos e matemáticos (CARVALHO, 2013; CARVALHO *et al.*, 1998).

Em Carvalho *et al.* (1998), a proposta é que o registro ocorra de forma individual, no entanto, nas atividades propostas o trabalho grupal foi priorizado do início ao fim de cada aula.

As atividades foram organizadas e sequenciadas de modo que contribuíssem para a construção dos conceitos nelas implicados. As reflexões descritas neste capítulo são análises qualitativas registradas em diário de campo, conforme a metodologia da pesquisa. Incluem as apreciações das interações discursivas, a estruturação dos argumentos dos alunos, as relações grupais e os registros escritos das atividades. Para organizar a leitura das nossas análises, apresentaremos, em *itálico e entre aspas*, as falas e os argumentos dos alunos em sua genuinidade, conforme nossas anotações em diário de campo.

As análises das interações discursivas e escritas abarcam as considerações de Sasseron (2013, p. 47) sobre o trabalho investigativo e a alfabetização científica. Sasseron, que pesquisa e trabalha com o ensino de Ciências por investigação, discorre sobre a existência de duas grandes esferas necessárias na atuação do professor para o desenvolvimento da argumentação em sala de aula: os propósitos pedagógicos e epistemológicos. As duas dimensões são híbridas e necessárias para a organização do trabalho e na criação de condições para a alfabetização científica.

Esses dois propósitos podem ser sintetizados nos quadros abaixo. Recorremos a esta abordagem para análise das interações, tanto discursivas como escritas, observadas durante a aplicação das atividades investigativas em nossa sala de aula.

Quadro 3 - Propósitos e ações pedagógicas do professor para promover a argumentação

<b>Propósitos pedagógicos</b>	<b>Ações pedagógicas</b>
Planejamento da atividade	Definição dos objetivos, organização de materiais necessários e preocupação com o cronograma
Organização para a atividade	Divisão dos grupos e/ou das tarefas, organização do espaço, distribuição dos materiais, limite de tempo
Ações disciplinares	Proposição clara das atividades e das ações a serem realizadas, atenção ao trabalho dos alunos e ações disciplinares
Motivação	Estímulo à participação, acolhida das ideias dos alunos

Fonte: Sasseron (2013, p. 48).

Quadro 4 - Propósitos e ações epistemológicas do professor para promover a argumentação

<b>Propósitos epistemológicos do professor</b>	<b>Ações epistemológicas do professor</b>
Retomada de ideias	Referência a ideias previamente trabalhadas e/ou experiências prévias dos alunos.
Proposição de problema	Problematização de uma situação
Teste de ideias	Reconhecimento e teste de hipóteses
Delimitação de condições	Descrição, nomeação e caracterização do fenômeno e/ou de objetos
Reconhecimento de variáveis	Delimitação e explicitação de variáveis
Correlação de variáveis	Construção de relação entre variáveis, construção de explicações
Avaliação de ideais	Estabelecimento de justificativas e refutações

Fonte: Sasseron (2013, p. 48).

Os propósitos pedagógicos se referem às ações do professor que contribuem para o desenvolvimento do espaço e tempo em sala de aula. Esse espectro associa-se diretamente à criação de possibilidades para que os alunos realizem a investigação. A dimensão epistemológica está intrinsecamente ligada ao trabalho metodológico da investigação, como: a construção dos argumentos científicos, envolvendo o trabalho com os dados, as informações e os conhecimentos, o levantamento e o teste de hipóteses, a explicitação de variáveis e o reconhecimento daquelas relevantes para o problema em foco, além da construção de relações entre variáveis, a proposição de justificativas e explicações (SASSERON, 2013, p. 48-50).

Dentro do planejamento do espaço das aulas, reservou-se uma sala antiga de informática que continha três mesas grandes. A turma de sétimo ano, composta por trinta e

dois alunos, foi dividida em de oito grupos de quatro integrantes. Em cada mesa grande, foram dispostos três grupos.

Antes de receber os alunos na sala, ocorreu a organização dos materiais utilizados em cada experimento, além da organização do espaço, e a disposição das mesas e cadeiras. Cabe ressaltar que a escola não contava, até então, com um espaço ou aparatos de laboratório de ciências ou matemática.

## 6.1 UM PANORAMA SOBRE A SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

Os tópicos a seguir discorrem sobre as análises da aplicação das atividades. Para situar o leitor, o quadro abaixo, apresenta uma síntese das atividades.

Quadro 5 - Sequência de atividades planejadas

<b>ATIVIDADES</b>	<b>CONCEITOS ENVOLVIDOS</b>	<b>OBJETIVOS</b>
Construindo a ideia de densidade	Noções sobre a flutuabilidade dos corpos.	Perceber a influência do volume na variação da densidade.
A influência da quantidade de água sobre a flutuabilidade	A flutuabilidade dos corpos e as variáveis envolvidas	Perceber que a quantidade de água não influencia na flutuabilidade
O problema do barquinho de alumínio	Relação entre a massa e a dimensão dos objetos, conceitos de equilíbrio e a distribuição uniforme da massa.	Perceber que, para o barco não afundar, é necessário que ele tenha uma superfície plana, parecido com uma balsa, e laterais estreitas, para que caiba o máximo de arruelas possível.
A Densidade e o Mar Morto	O comportamento dos objetos em função de sua densidade e os fatores que influenciam na densidade de um objeto.	Relacionar o comportamento dos objetos inseridos em um fluido com as características do Mar Morto.
Massa e volume	Massa e Volume	Trabalhar os conceitos de massa e volume envolvendo materiais do cotidiano.
O que é volume?	Cálculo do Volume de paralelepípedos.	Relacionar os conhecimentos físicos trabalhados nas atividades anteriores com ideias sobre volume.
O problema do copo	O ar como matéria ocupando espaço	Discutir a existência do ar e do espaço ocupado por ele.

Fonte: Autora (2022)

### 6.1.1 Construindo a ideia de densidade

Nesta atividade, com os alunos divididos em pequenos grupos, dedicou-se um momento para uma conversa inicial sobre a seguinte questão: “O que faz um objeto afundar ou flutuar?”. Os alunos apresentaram exemplos de objetos como o chumbo, bolas de futebol, navio, etc.

Neste momento inicial, para inserir os alunos no tema da aula, a professora testou vários objetos que foram inseridos um a um em um recipiente com água, de modo que todos os alunos conseguissem visualizá-los. Os alunos levantaram hipóteses sobre quais objetos (chave de fenda, brinquedo de plástico, canetinha, borracha, um cubo mágico e massinha de modelar) afundariam ou não. Um modelo de tabela foi sugerido para que anotassem as hipóteses iniciais e as constatações realizadas. A tabela abaixo demonstra as anotações de um dos grupos.

Figura 2 - Tabela preenchida por um dos grupos

Tabela - Registro das observações dos objetos na água

Material	Hipóteses Iniciais	Constatação
Cubo Plástico	boiar	Flutuou
Plato Plástico	boiar	Flutuou
Tesoura	Afundar	Afundou
Chave de fenda	Afundar	Afundou
Caneta	Afundar	Flutuou
massinha	Afundar	Afundou

Fonte: Autora (2022)

O porquê um navio não afunda foi um dos elementos da discussão com o grande grupo. Essa problemática foi apresentada por um dos grupos e os demais alunos ingressaram na discussão. As suposições foram que o navio não pode ter furos, pois, se entrar água, ele afundará. Outra hipótese é que o material do navio é de ferro e, assim, mais pesado do que a água. Essa afirmação fez um outro aluno replicar, retomando o exemplo da chave de fenda que afundou na água anteriormente, que, assim como o navio, é de ferro e, então, deveria afundar. Outros defenderam a ideia de que o navio não afunda devido ao mar ser salgado.

Percebe-se, na fala dos estudantes, um interesse pelo assunto, contudo, as palavras ou os conceitos, não são precisos. O cenário apresenta condições favoráveis: “quando se prepara

*o terreno, é possível que muitas tarefas se definam, (...) pois, ajudam a lançar luzes sobre certas perspectivas ou abrir novas”* (ALRØ; SKOVSMOSE, 2010, p. 33).

A professora, então, perguntou se o tamanho-volume do navio tem alguma interferência para que ele não afunde? Os alunos mostraram-se pensativos e concordaram acenando com a cabeça. A professora insistiu: “O que vocês acham?”. Uma aluna explicou que o navio deve ser grande e que as caixas que ele carrega devem estar bem distribuídas, pois, caso contrário, ele pode afundar.

A discussão, nesta ocasião, parecia engajar os alunos, no entanto, a atividade contém etapas que necessitam início e fim. A próxima etapa consistiu em construir um protótipo de barco com massa de modelar de modo que flutue. Organizados em grupos, os alunos, rapidamente, discutiram e chegaram ao formato que o barquinho deveria ter para flutuar. Outros demoraram mais, recorrendo a outros formatos de barcos, muito pequenos ou sem borda.

Ao passar pelos grupos, a fim de verificar se todos estão tendo a oportunidade de participar, os alunos chegaram a uma conclusão em comum: barcos planos ou muito compactos (nas palavras deles: com muita massa) iriam afundar. Outra constatação relatada na roda de conversa com o grande grupo foi a influência das bordas para que o barco flutue. Normalmente, estas explicações eram acompanhadas de gestos com as mãos que também contavam o que havia sido realizado.

Figura 3 - Barco de massinha construído por um dos grupos de alunos



Fonte: Autora (2022)

Na roda de conversa, questionados sobre o porquê do fenômeno ocorrer, um aluno retomou a problemática do navio da conversa inicial, lembrando a pergunta realizada pela professora sobre a influência do volume na flutuação da embarcação. O grande grupo concordou sobre a influência do volume. Então, a professora perguntou sobre a influência do peso, um dos grupos respondeu com as seguintes palavras: “*Nós usamos o peso da massa a nosso favor, fizemos um quadrado, onde o meio era fundo e as bordas eram iguais, então não afundou porque o peso de cada lado era igual.*” Nesta descrição, os alunos perceberam que as grandezas massa e volume influenciam na flutuabilidade, contudo, não falam em nenhum momento a palavra densidade.

Em sequência, na atividade de contextualização, recorreu-se à leitura e à interpretação de tirinhas. Essa etapa da atividade (CARVALHO, 2013, p. 16), deve seguir as mesmas etapas do trabalho investigativo: a discussão em grupo, a discussão com toda a classe e a escrita individual ou em grupo.

As atividades de contextualização têm por objetivo um aprofundamento dos conceitos correlatos importantes da atividade investigativa (CARVALHO, 2013, p. 17). As tirinhas são um gênero textual que apresenta palavras, que, até então, não foram faladas nas discussões: como massa, volume; uma delas, a fórmula matemática, que relaciona as grandezas massa e volume, diretamente e inversamente proporcionais à densidade.

Alguns alunos apresentaram facilidade no exercício da oralidade de suas ideias e seus entendimentos. Mas, por outro lado, observou-se uma resistência em escrever e uma preocupação com o ato de “errar”. Sabendo que a professora lerá o que foi escrito, parece que os alunos buscam uma certa aprovação sobre seus registros. Faz parte da “lógica escolar”, que, implicitamente, define o discurso da sala de aula, fazendo os alunos acreditarem que a principal tarefa de um professor é corrigir erros (ALRØ; SKOVSMOSE, 2010, p. 30).

Convém relatar que esta angústia em relação ao erro parecia menos perceptível no momento prático (do fazer) e nas discussões em grupo. Mesmo não conseguindo sucesso na primeira tentativa de construção do barco, os grupos insistiram até chegar à solução do problema: que o barco flutuasse. Os registros descrevem essas tentativas em que o barco afundou, bem como, os motivos que levaram à resolução do problema.

Destacamos alguns argumentos registrados sobre a tirinha do homem de aço (ver Figura 17 - Apêndice A)<sup>7</sup>, assim descritos pelos grupos: a) *o homem é mais pesado do que a água*; b) *que o aço é mais pesado do que água*, e; c) *o homem tinha muita massa e pouco volume*. Nos dois primeiros, observa-se que os alunos apresentam um reconhecimento entre as

<sup>7</sup> Fonte: página Ciência em Memes do Facebook: <https://www.facebook.com/cienciaemmemes/>

variáveis massa e densidade. Na terceira, ocorre a explicitação das variáveis volume e densidade.

A tirinha (ver Figura 18- Apêndice A)<sup>8</sup> que abordava a relação diretamente e inversamente proporcional entre a massa e volume da fórmula da densidade. Alguns alunos reconheceram a relação massa sobre volume como uma fração, pois o conteúdo de frações estava sendo trabalhado nas aulas de Matemática concomitantemente à aplicação desta atividade. Houve dificuldades, em grande parte dos grupos, de expressarem por escrito seus entendimentos sobre o texto; certamente, por não terem entendido ou visto significado nas relações que se apresentavam. Destacamos o registro de dois dos grupos: a) *“a massa e a água precisam ficar no mesmo peso e quando tem algo mais pesado do que a água ocupa maior espaço e água sobe para a superfície”*; b) *“quando se coloca uma coisa mais pesada do que a água o nível de água aumenta”*.

Percebe-se um esforço dos alunos em buscar explicações para o texto apresentado, além de reconhecerem as variáveis que influenciam para o fenômeno apresentado. Porém, não há uma explicitação de correlação entre as variáveis massa e volume, que a alteração de uma influência a outra.

### **6.1.2 A Influência da quantidade de água sobre a flutuabilidade**

Em prosseguimento à atividade anterior, o problema que se coloca agora é observar a influência da quantidade de água na flutuabilidade de objetos. Esta atividade foi realizada em sequência, na mesma aula que a atividade anterior. No entanto, percebemos que pode ser reorganizada e realizada simultaneamente à atividade anterior, obedecendo as etapas de estrutura de uma SEI (CARVALHO, 2013, p. 9): problema experimental, sistematização e contextualização.

O experimento foi apresentado em uma das mesas grandes de modo que todos conseguissem ver. Perguntou-se aos alunos se o copo com massinha de flutuar nos dois recipientes com água (com quantidades diferentes) flutua ou afunda? (ver Figura 19 - Apêndice A). A primeira hipótese é de que a bacia com maior quantidade de água flutuará e a bacia com menor quantidade de água afundará. Um dos alunos lembra que o formato da bolinha de massinha de modelar influenciará para que afunde, porque é mais pesada do que a água. No entanto, quando se realiza o experimento, eles percebem que o copo com massinha afunda nas duas bacias de água.

<sup>8</sup> Fonte: Máximo e Alvarenga (2006, p. 242).

A questão que se coloca, agora, é se um objeto, como, por exemplo, uma bolinha de chumbo que afunda em uma bacia com água, afundaria em uma piscina grande com mais quantidade de água. Parece haver um consenso de que a bolinha de chumbo afundará em ambas quantidades de água.

Mas, apresentada a problemática: se uma mesma massinha de modelar afundaria na bacia ou numa piscina, há incerteza nas respostas, alguns concordam enquanto outros discordam. Os últimos acreditam que a massinha é mais leve do que o chumbo e, por isso, pode não afundar em uma quantidade maior de água, mesmo diante do fenômeno percebido no experimento realizado. Essa constatação evidencia que a ideia de flutuabilidade dos objetos, para esse grupo de alunos, está atrelada à ideia de peso e não, de densidade.

Os grupos são convidados a testarem outros objetos que foram utilizados na atividade anterior, variando o volume de água das bacias e testando outras possibilidades. Embora concluam que a quantidade de água não interfere na flutuabilidade e percebam-na durante as variações do experimento, há discordância se esse comportamento em quantidades maiores de água, como em uma piscina, se repete. Seria necessário, talvez, uma atividade complementar, exploratória ou de contextualização, que proporcionasse uma revisão das hipóteses desenvolvidas nesta atividade.

### **6.1.3 O Problema do barquinho de alumínio**

Essa atividade trata de aspectos sobre a flutuação dos corpos: a relação entre a massa e a dimensão dos objetos, conceitos de equilíbrio e a distribuição uniforme da massa. A situação-problema que se coloca é a construção de um protótipo de barco de papel alumínio que consiga carregar o maior número de arruelas possível em uma bacia com água sem afundar. A problemática se diferencia do experimento anterior, do barco de massinha, em dois aspectos: o material (papel alumínio) e a massa (arruelas) que este barco deverá carregar. A novidade, neste momento, era colocar a maior quantidade de arruelas neste barco sem o fazer afundar.

Esperava-se que os alunos recorressem à experiência da atividade anterior para eliminar os modelos de barcos que poderiam fracassar nesta construção com o papel alumínio, como, por exemplo, os barcos no formato tradicional de origami. No entanto, alguns grupos, num primeiro momento, insistiram nessa estratégia e, logo, perceberam que não conseguiriam carregar o barco com muitas arruelas sem o afundar. Outros grupos iniciaram com a estratégia da construção do barco com bordas e de superfície plana (Figura 4).

Figura 4 - Barco de papel alumínio construído por um grupo de alunos



Fonte: Autora (2022)

Ao perceber que todos resolveram o problema, recolheram-se os materiais e, organizados em uma grande roda um dos grupos, iniciou-se a discussão contando como fizeram o experimento. Um grupo destaca que: *“a solução foi construir o barquinho no modelo de um pote com bordas para que não entrasse água”*. Outros contaram que, na primeira tentativa, colocaram todas as arruelas no centro do barco e ele afundou rapidamente, mas, ao *“distribuírem o peso”* (denominação trazida pelos próprios alunos), perceberam que o barco não estava afundando e *“aguentava”* uma maior quantidade de arruelas.

Essas descrições sobre o “como” fizeram mostram que os alunos verificaram as condições necessárias para a flutuação, identificando as variáveis massa e dimensão dos objetos. A ideia de estabilidade aparece quando falam em “distribuição” das arruelas. Segundo Sasseron (2013, p. 57), esse esforço é um momento crucial do trabalho investigativo, pois é quando se estudam as ações e/ou as influências para a ocorrência de um fenômeno.

Os alunos se divertiram enquanto testavam e competiam entre os grupos sobre quem conseguiria colocar mais arruelas nos barcos. Percebemos, assim como Carvalho *et al.* (1998, p. 81), que, mesmo de forma repetitiva, cada aluno tem a necessidade de contar o que fez e a relatar sua perspectiva, não se contentando com a descrição dada pelos colegas.

Quando convidados a contarem sobre o que fizeram, os alunos não apresentaram resistências. Algumas ações disciplinares (SASSERON, 2013, p. 49) foram necessárias nestes momentos de discussão com o grande grupo, enfatizando o respeito ao momento de quem está falando e a importância de ouvir o outro.

A etapa final da atividade, a contextualização, se deu por meio da leitura e interpretação das tirinhas (ver Figuras 22, 23 e 24 - Apêndice A)<sup>9</sup>. Os alunos apresentaram suas interpretações por meio de uma conversa com o grande grupo e, em sequência, se reuniram em seus pequenos grupos para registrar sobre os textos e sobre o problema do barquinho.

Sobre a tirinha que aborda a relação entre a flutuação dos corpos e do volume em que ela está distribuída, dois grupos argumentaram que: a) “*o capitão foi afundando porque o quadrinho foi diminuindo*”; b) “*quanto mais o quadrinho foi diminuindo, mais ele tem dificuldade de nadar*”. Na análise dos registros escritos, nota-se a construção de relações entre as variáveis volume e flutuabilidade.

O registro do entendimento dos grupos, tanto das atividades quanto das tirinhas, faz parte de um esforço da professora em fazê-los entender a importância de que esta construção escrita seja uma colaboração grupal. Desde o primeiro experimento, observou-se uma resistência na construção do registro em grupo, pois é habitual a divisão de tarefas entre os alunos. A fim de atingir os objetivos da atividade, as ações pedagógicas da professora foram ressaltar a importância desta construção grupal.

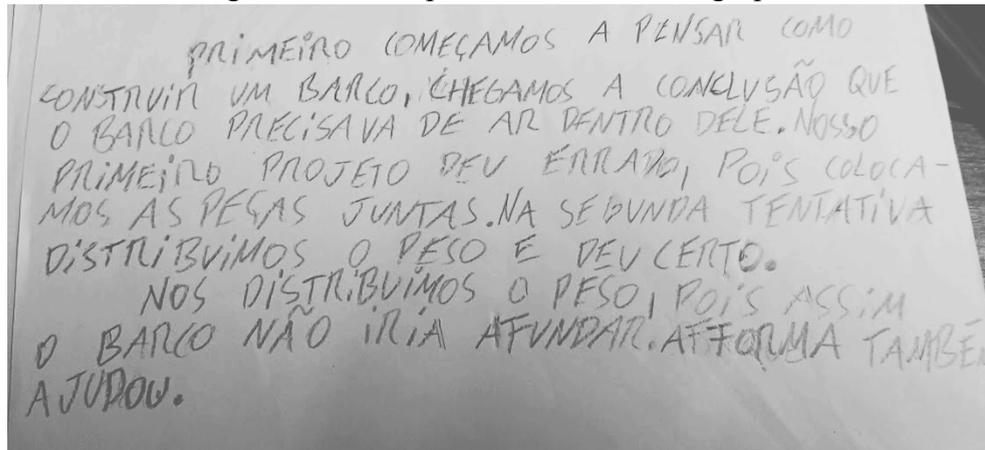
Nessa construção do registro escrito, os alunos recrutam aspectos de organização ao definirem após as interações discursivas, quais ideias serão incluídas ou refutadas no texto. Uma vez que “a linguagem escrita exige uma carga cognitiva maior na sua execução do que a linguagem oral” (OLIVEIRA, 2013, p. 72). Essa etapa preza o trabalho em grupos cooperativos, favorecendo para que a construção dos conceitos e das descobertas científicas tenham um caráter social por si mesmas, pois elas nascem e progridem nas trocas de ideias e no confronto das interpretações (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 16).

A Figura 5 traz o registro escrito de um dos grupos, que retrata a explicação de como realizaram o experimento, desde sua tentativa inicial até a solução. Observa-se, nos relatos de todos os grupos, a linguagem na primeira pessoa do plural, caracterizando valor ao trabalho grupal.

---

<sup>9</sup> Figura 9. Disponível em: <https://artedafisicapid.blogspot.com/2020/08/tirinhas-para-o-ensino-de-fisica.html>.  
 Figura 10. Ibid.  
 Figura 11. Ibid.

Figura 5 - Relato por escrito de um dos grupos



Fonte: Autora (2022)

Escrita dos alunos: “primeiro começamos a pensar como construir um barco, chegamos a conclusão que o barco precisava de ar dentro dele. Nosso primeiro projeto deu errado, pois colocamos as peças juntas. Na segunda tentativa, distribuímos o peso e deu certo. Nós distribuímos o peso, pois assim o barco não iria afundar. A forma também ajudou”.

#### 6.1.4 A Densidade e o mar morto

O objetivo desta atividade é relacionar o comportamento dos objetos inseridos em um fluido com as características do Mar Morto. Para iniciar o trabalho, os alunos foram convidados para retratar suas experiências e seus conhecimentos sobre o Mar Morto. Essa ação epistemológica foi uma estratégia para o levantamento das experiências dos alunos como alicerce para as discussões seguintes (SASSERON, 2013, p. 50). Além disso, essa conversa inicial se tornou relevante, pois os poucos alunos que não conheciam e/ou nunca ouviram falar sobre o Mar Morto compartilharam das experiências dos demais colegas.

Segundo os alunos, o Mar Morto é um mar muito mais salgado que o normal. Outros explicaram que os rios não têm sal, que os mares têm uma certa quantidade de sal e que o Mar Morto é mais salgado ainda. Trouxeram também a informação de que a extrema quantidade de sal impede que animais vivos, como peixes, sobrevivam.

Na sequência, duas figuras impressas e sem legenda foram apresentadas aos grupos: uma de uma banhista flutuando sobre o Mar Morto enquanto lê um livro (ver Figura 25 - Apêndice A)<sup>10</sup> e uma tirinha que aborda a ideia de empuxo (ver Figura 26 - Apêndice A)<sup>11</sup>. Os alunos foram convidados a argumentarem sobre as duas imagens.

Naturalmente, por terem percebido que se trata de uma aula envolvendo o Mar Morto, deduziram que o banhista estava no Mar Morto. A professora indagou: “Como vocês têm

<sup>10</sup> Disponível em: <http://www.qualviagem.com.br/>.

<sup>11</sup> Fonte: Máximo e Alvarenga (2006, p. 258).

*certeza de que se trata do Mar Morto?”; “Não é possível flutuar em outro mar normal?; Alguém já tentou boiar em uma piscina, em um rio ou mar?”*. Os alunos argumentaram que, no Mar Morto, é mais fácil flutuar porque é mais salgado em comparação com outros mares. Outros relataram que já conseguiram flutuar em piscinas, no entanto, não é tão fácil, pois requer *“habilidades de nado”* (expressão utilizada por uma aluna).

Parece natural para alguns alunos falarem e contarem suas experiências, porém, nesta quarta atividade da sequência, já conseguimos englobar maiores reflexões em comparação com as atividades anteriores. Como o cuidado para que a participação, por vezes eufórica de alguns alunos, não ofuscasse a participação de alunos mais introspectivos. Durante as atividades, manteve-se a preocupação em convidar estes alunos para falarem sobre suas percepções.

Em seguimento à discussão, uma das alunas explicou que: *“eu consigo carregar minha mãe na piscina, eu já fiz uma vez quando nós fomos ao parque aquático, mas, se a gente sair da água, eu não consigo mais carregá-la, porque na água ela fica mais leve.”*. A fala desta aluna engendrou a discussão para o grande grupo sobre o porquê esse fenômeno acontece. A professora questionou se a água exerce alguma influência sobre os corpos, retomando uma discussão, de atividades anteriores, sobre os navios que, mesmo sendo tão pesados, não afundam. Um aluno contra-argumentou que: *“algumas coisas na água ficam mais leves por isso flutuam, os navios não afundam por causa da ajuda da água e porque não tem furos...”*. Curiosamente, ele prosseguiu: *“se furamos o pulmão de uma pessoa, ela afunda”*. Alguém completa que o ar faz com que um corpo fique mais leve na água: *“o ar ajuda as coisas boiarem”*. Os alunos buscam correspondências entre as explicações com suas experiências ou com informações que já possuem sobre o fenômeno.

Segundo Parrat-Dayán (2007, p. 15) o debate promove o intercâmbio de diferentes pontos de vista, e a discussão tem o poder de retirar o sujeito do conformismo e da indiferença à realidade. As diferentes experiências imaginadas, dúvidas e fórmulas experienciadas pelo sujeito criam um domínio provisório do saber, possibilitando que novas descobertas e o progresso intelectual surjam do choque das ideias.

Na etapa seguinte da atividade, os pequenos grupos realizaram uma investigação sobre: *“Por que é tão difícil afundar no Mar Morto?”*. A busca foi feita em *chromebooks* disponibilizados pela escola. Um *card* (ver Figura 27 - Apêndice A) foi entregue aos grupos para orientá-los durante a pesquisa. Os grupos deveriam registrar e organizar as informações da pesquisa como quisessem em folhas de papel.

Pesquisas em sites de busca são uma tarefa habitual dos alunos e fazem parte da disciplina curricular de Iniciação Científica. Dentre as habilidades a serem trabalhadas, estão a organização do texto, a orientação quanto ao plágio e a importância de explicitar as referências dos sites de busca no final do registro, como no registro de um dos grupos na Figura 6.

Dentre as informações pesquisadas e trazidas pelos grupos, foi a diferença entre as definições de lago, lagoa, mar e oceano. Em algumas pesquisas, o Mar Morto era chamado de lago e que, embora denominado de "mar", é um grande lago. Os alunos foram orientados a buscarem o auxílio da professora de Geografia quanto a essas diferenciações da Hidrografia.

Diante da enorme possibilidade de informações bibliográficas que poderiam surgir nesta etapa da atividade, a ação pedagógica priorizou a valorização dos dados trazidos por todos os grupos. Sasseron (2013, p. 49) orienta que o estímulo para o trabalho com uma atividade pode ser diferente para cada aluno e o professor deve estar ciente destas diferentes perspectivas.

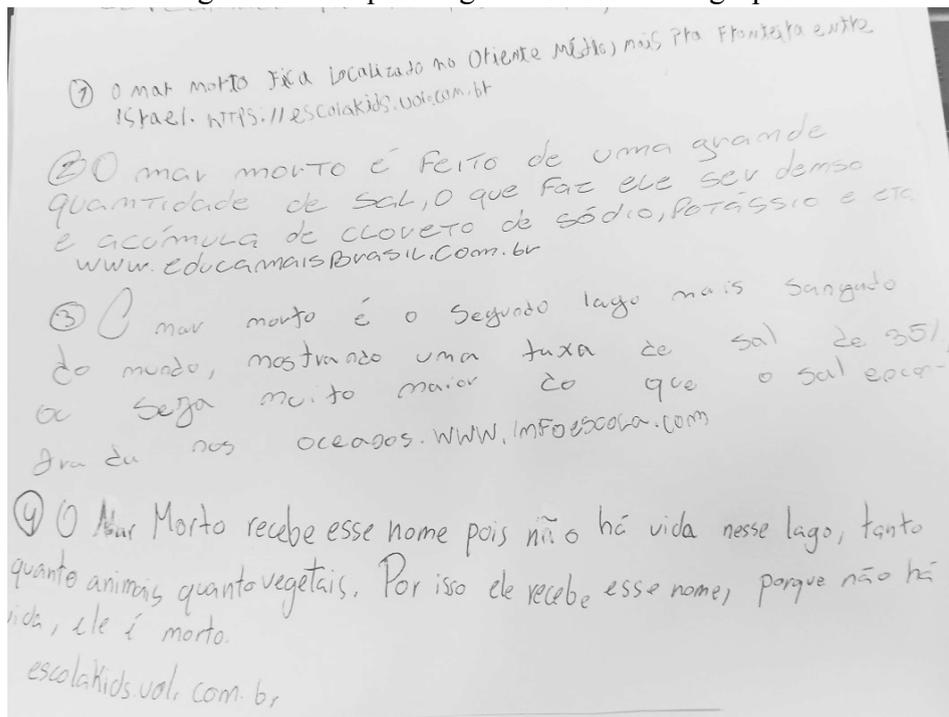
As curiosidades e motivações deste momento de pesquisa se expandiram para o trabalho em outras disciplinas. Com auxílio das professoras de Iniciação Científica, Ciências e Geografia, um dos grupos utilizou como tema da feira de Ciências da escola o Mar Morto.

A Figura 6 apresenta o registro de um dos grupos. Palavras como denso, densidade, salinidade e cloreto de sódio aparecem no registro das pesquisas. Estas mesmas palavras foram trazidas pelos alunos nas discussões seguintes.

Conforme Oliveira (2013, p. 63), a enculturação científica nas aulas de Ciências devem se preocupar com a desenvoltura das habilidades de comunicação, sejam orais sejam escritas, em busca do discurso cientificamente correto. A colocação de Oliveira se torna pertinente diante da preocupação que se percebeu, por parte dos alunos, em evidenciar essas palavras científicas para seus discursos e para o registro escrito, mesmo tropeçando na pronúncia de algumas delas. Estas palavras parecem preencher as lacunas que apareciam durante a argumentação dos alunos.

A propensão da escola em valorizar os conhecimentos explícitos e menosprezar os conhecimentos implícitos, mesmo que a maioria da nossa atividade física e mental, inclusive de comportamento, seja constituída de conceitos e teoremas em ação implícitos contidos nos esquemas. O trabalho de tornar esses conceitos explícitos e cientificamente aceitos, para que sejam comunicados e discutidos pelo sujeito, pode ser por meio da mediação do professor e do ensino. No entanto, trata-se de um esforço gradual que demanda tempo, podendo levar anos (VERGNAUD, 1994, p. 47 *apud* MOREIRA, 2018, p. 16).

Figura 6 - Pesquisa registrada de um dos grupos



Fonte: Autora (2022)

Escrita dos alunos: “1) O mar morto fica localizado no Oriente Médio mais para fronteira em Israel. <http://escolakids.uol.com.br>. 2) O mar morto é feito de uma grande quantidade de sal, o que faz ele ser denso e acumular cloreto de sódio, potássio e etc. [www.educamaisbrasil.com.br](http://www.educamaisbrasil.com.br). 3) O mar morto é o segundo lago mais salgado do mundo, mostrando uma taxa de sal de 35%, ou seja muito maior do que o sal encontrado nos oceanos. [www.infoescola.com](http://www.infoescola.com). 4) O Mar Morto recebe esse nome pois não há vida nesse lago, tanto quanto animais quanto vegetais. Por isso ele recebe esse nome, porque não há vida, ele é morto. [escolakids.uol.com.br](http://escolakids.uol.com.br)”.

Parte dos grupos registraram que o Mar Morto possui uma taxa de salinidade próxima a 35% em comparação com os outros mares. Essa informação foi essencial para a próxima etapa da atividade, a reprodução do Mar Morto e de um mar comum, dada a proporção: os mares e oceanos possuem um nível de sal correspondente a 5% (equivalente a 35 gramas de sal por litro de água), enquanto o Mar Morto se encontra próximo a 35% (300 gramas de sal por litro de água).

Com as duas reproduções de "mares" realizadas, os alunos testaram como os objetos disponibilizados (lápiz, borracha e massinha) se comportam nestas águas. Esperava-se que os alunos percebessem as relações entre “flutuar e afundar” de um objeto com a densidade do líquido em que ele está imerso.

Cada grupo recebeu duas bacias de capacidade de oito litros cada, uma balança digital de cozinha e um litro de medida. Ficou à disposição de todos os grupos: água (em baldes) e um recipiente com sal. O planejamento era que, à medida que precisassem desses materiais

durante o experimento, os alunos pudessem pegá-los para compor e reajustar a proporção de água e sal necessária.

Para a construção da proporção exata da quantidade de sal e água, os alunos apresentaram dificuldades no processo. Alguns grupos colocaram mais sal do que o necessário, o que, certamente, está relacionado com dificuldades em cálculos de multiplicação, a exemplo da seguinte situação: “se, em um litro de água, necessitamos de 35 gramas de sal, em quatro litros e meio, qual quantidade de sal será necessária?”.

Apenas um dos grupos construiu as proporções de água e sal corretamente e foi convidado a apresentar para o grande grupo o comportamento dos objetos nos dois tipos de “mares”. No registro final da atividade, esse grupo escreveu que o experimento funcionou, pois foi incluindo, aos poucos, a água e o sal nas quantidades certas. Na justificativa do porquê, concluíram que: “*o sal é denso e, por isso, dá sustentabilidade para os objetos boiarem*”. Percebe-se, nesta argumentação, um reconhecimento da ideia de que, quanto mais salinidade, maior a densidade do fluido.

Não podemos desconsiderar as dificuldades no entorno da preparação dos materiais e do espaço desta atividade, uma vez que o gerenciamento do espaço e a preparação dos materiais fazem parte do objetivo da atividade (SASSERON, 2013, p. 48). No planejamento que pautava o trabalho futuro da atividade, estava a necessidade de uma quantidade grande de água e sal disponível para que os alunos construíssem as reproduções dos mares. Para tanto, foi necessário carregar baldes e baldes de água para a sala em que estávamos, pois a escola não dispunha de outro espaço. Constatamos que a atividade pode ser reelaborada com a utilização de recipientes menores, que necessitem de menores quantidades de água e sal.

Outro obstáculo foi a organização do aparato, pois a escola não contava com este material (balança e sal). Porventura, para que a atividade tivesse maior efetividade, poderia se recorrer a outros minerais além do sal, que compõem o Mar Morto e que, inclusive, foram citados no registro das pesquisas dos alunos.

### **6.1.5 Massa e volume**

Nesta atividade, os alunos compararam duas propriedades de materiais: massa e volume. No primeiro momento da atividade, cada grupo recebeu um *card* impresso que traz a comparação de três tipos de bolinhas de diferentes materiais (borracha, vidro e metal) (ver

Figura 28 - Apêndice A)<sup>12</sup>. A recomendação do plano de aula do site Nova Escola, referência desta atividade, era que o problema fosse apresentado de forma impressa e que, em sequência, as bolinhas fossem entregues e manuseadas pelos alunos. Adaptamos para os alunos do 7º ano do ensino fundamental sem recorrer às bolinhas na forma física para serem manuseadas, o que não causou empecilhos quanto ao entendimento do problema.

Na discussão com o grande grupo, uma aluna pergunta se o *card* está escrito corretamente, se referindo à palavra “massa”? A professora devolve a pergunta para o grande grupo: “*o que seria massa dentro desse contexto?*”. As associações à palavra massa mencionadas foram: massa como algo sólido ou pastoso, como massa de bolo ou massa corrida utilizada em construções e a massa como uma composição do corpo humano – massa magra ou massa muscular. Sobre esta última, a professora colocou a seguinte questão: “*como fazemos para descobrir a massa dos músculos de uma pessoa?*”. Um aluno respondeu empolgado: “*pesando ela*”. Imediatamente, alguém contra-argumentou: “*mas se você pesar uma pessoa, você pesa também os órgãos, a gordura, os ossos... não somente os músculos.*”. O grupo concluiu que o peso de uma pessoa é a soma das massas dos ossos, dos órgãos, da água, da gordura, etc., dessa pessoa. Essa discussão foi retomada posteriormente.

Conforme o planejamento desta atividade, o objetivo dessa conversa inicial com os alunos era de aproximá-los ao tema a ser trabalhado na aula, organizando-os em um grande círculo. Contudo, desta vez, para a organização do espaço, não contamos mais com a antiga sala de informática que dispunhamos até então para a realização das atividades experimentais. Como alternativa, a atividade foi realizada na própria sala de aula, na qual o espaço impossibilitou a realização de um círculo com os mais de 30 alunos. Improvisamos a disposição espacial para o momento das discussões em um semicírculo, como alternativa para cumprir os objetivos da atividade.

Na etapa seguinte da atividade, o problema foi apresentado: verificar como um mesmo recipiente preenchido com diferentes materiais pode apresentar massas diferentes? Foram entregues aos grupos: três copos, a balança e uma sugestão de tabela para a organização das informações. Em uma mesa maior, a mesa do professor, ficou à disposição; um saco de areia, um saco de flocos de arroz e garrafas de água. De forma alternada, os grupos encheram os três copos com os diferentes materiais (areias, flocos de arroz e água), pesaram e registraram os dados na tabela.

---

<sup>12</sup> Disponível em: [https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/4ano/ciencias/propriedades-dos-materiais-massa-e-volu  
me/1934](https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/4ano/ciencias/propriedades-dos-materiais-massa-e-volume/1934).

Figura 7 - Alunos realizando a pesagem e o registro em tabela



Fonte: Autora (2022)

Ao relatar como fizeram, os alunos perceberam que, embora ocupassem o mesmo volume, os objetos apresentaram “pesos” diferentes. A professora levantou a seguinte hipótese: “se pegarmos um mesmo copo, de mesmo volume, o que vocês acham que pesa mais, um copo com gelo ou um copo com água?”. Os alunos argumentaram que o gelo pesará mais: “o gelo é rígido-duro, por isso ele pesará mais em comparação com materiais leves como isopor ou líquidos como a água”. Com objetivo de retomar conceitos sobre densidade levantados na atividade anterior, a professora questiona: “se o gelo seria mais denso que a água?”. Os alunos responderam que sim. Parece que a ideia de densidade ainda está atrelada apenas à quantidade de massa de um objeto.

O debate peso *versus* massa foi retomado no momento da sistematização da atividade por intermédio da tirinha do gato Garfield (ver Figura 30 - Apêndice A).<sup>13</sup> Parte dos alunos demonstraram interesse pelo elemento “gravidade”, que aparece no texto. Um dos alunos argumentou que: “o Garfield quer ir para a lua porque lá a gravidade é zero”. Outro aluno coloca que: “em outro planeta, vai ter uma energia diferente que fará ele flutuar, daí ele pode emagrecer”.

Daqui em diante, as argumentações trazidas por estes alunos conduziram o debate. A professora argumentou: “mas, e, na Terra, não tem essa energia que faz flutuar? Afinal, o que faz alguém ou um objeto flutuar em um planeta?”. A resposta é unânime: “a gravidade”.

Um aluno traz a informação de que a gravidade na lua é  $1,62 \text{ m/s}^2$  e não zero como um outro aluno acreditava. Esta informação foi resultado da pesquisa de um dos grupos. A

<sup>13</sup> Disponível em: <http://clubes.obmep.org.br/blog/probleminha-peso-x-massa/>.

professora, então, sugeriu que alguém pesquisasse qual é a gravidade da Terra. Percebendo que a gravidade da Terra é maior do que a da Lua, os alunos concluíram que Garfield deve ir para Lua para ter um peso inferior. Os cálculos são comparados pela fórmula do peso:

$$P = m \cdot g.$$

As pesquisas sobre gravidade e a fórmula do peso não faziam parte do planejamento da atividade. Porém, a discussão com o grande grupo levou à necessidade de explicações sobre elementos que estavam envolvidos na tirinha. O momento era dos alunos, cabendo à professora proporcionar condições para que avançassem os entendimentos que estavam sendo trabalhados na discussão.

Ao se referir sobre o processo de conceitualização, Vergnaud (2002, p. 6) atenta para o tempo: que pode levar semanas ou até meses para que um aluno compreenda o feixe de conceitos envolvidos em uma atividade. Além do mais, o papel do professor em contribuir para a criação de condições para a tomada de consciência por meio da explicação. Contudo a explicação por si só não é recebida pelo aluno que consegue compreender a coerência do sistema, sob sua própria responsabilidade cognitiva.

A discussão do trabalho em grupos se torna um facilitador para que os alunos organizem seu pensamento por escrito *a posteriori* (OLIVEIRA, 2013, p. 73). Os grupos testaram cálculos sobre diversos valores de massa e gravidade de planetas. Mesmo os alunos com menor participação no debate incluíram em seus registros as considerações sobre massa, peso e gravidade que ocorreram durante a aula.

A fórmula do peso continuou presente em nossas aulas de Matemática posteriores à atividade. Exercícios e problemas envolvendo o peso, massa e gravidade foram trabalhados no ensino de operações com números decimais.

Figura 8 - Registro da atividade e sobre a tirinha do Garfield de um dos grupos

Thaíny, Karolizadora  
Gabrielle, Bryan e Emelly  
72

Tabela - modelo de tabela para anotações

Copo	Objeto	Massa
Copo 1	Areia	137g.
Copo 2	isopor	30g.
Copo 3	Água	117g.

Nós pegamos três copos e nesses três copos tinham areia, isopor e água e pesamos a areia que deu 137 g. depois o isopor 30 g. e por último água 117 g.

É sobre a tirinha do Garfield para ele ir para um planeta para ficar com menos peso seria Mercúrio por a gravidade é menor.

Entendemos que a massa e o peso são diferentes pois a massa é o peso do nosso corpo por exemplo o peso é a gravidade.

Fonte: Autora (2022)

Escrita dos alunos: "Nós pegamos três copos e nesses copos tinham areia, isopor e água e pesamos a areia que deu 137 g, depois o isopor 30 g e, por último, a água 117 g. E sobre a tirinha do Garfield para ele ir para um planeta para ficar com menos peso seria Mercúrio porque a gravidade é menor. Entendemos que a massa e o peso são diferentes, pois a massa é o peso do nosso corpo, por exemplo, e o peso é a gravidade".

Observa-se, no registro da Figura 8, que o texto se aproxima da discussão realizada pelo grande grupo. Destaca-se o uso da primeira pessoa do plural como indicativo do trabalho grupal na construção do registro. Os alunos estabeleceram as diferenças entre as variáveis peso e massa, mesmo de uma forma desajeitada: "entendemos que a massa e o peso são diferentes, pois a massa é o peso do nosso corpo, por exemplo, e o peso é a gravidade". Reconheceram peso e massa como grandezas proporcionais: quanto maior a força da gravidade, maior será o peso, e vice-versa, quando escreveram: "sobre a tirinha do Garfield, para ele ir para um planeta para ficar com menos peso seria o Mercúrio, pois a gravidade é menor".

### 6.1.6 O que é volume?

Esta atividade tem o intuito de relacionar os conhecimentos físicos trabalhados nas atividades anteriores com ideias sobre volume e capacidade do paralelepípedo retângulo. Iniciou-se por meio de uma conversa na qual os alunos foram convidados a pensarem em

objetos reais que possuem a forma de um paralelepípedo ou de um cubo. Os alunos citaram o cubo mágico, caixas de sapato e a própria sala de aula que possui o formato de um paralelepípedo.

Na sequência, o problema é apresentado aos grupos com a seguinte formulação: *“Organizem os cubinhos dentro da caixinha de modo que não fique nenhum espaço entre eles. Quantos cubinhos couberam? Vocês sabem a ideia (palavra) envolvida nesse problema?”*. Cada grupo recebeu uma gavetinha de caixa de fósforo e cubos de  $1\text{ cm}^3$  (ver Figura 32 - Apêndice A). Os cubos foram organizados dentro da caixinha, totalizando 12 cubinhos. Alguns grupos os empilharam como uma pirâmide, mas conversando entre si, perceberam que o problema corresponde à quantidade de peças que devem preencher a caixa.

Na condução da atividade, os grupos realizaram e registraram as dimensões da gavetinha de caixa de fósforo para calcular o volume. Em sequência, eles deveriam preencher os espaços em branco de uma tabela sobre as dimensões de paralelepípedos (Figura 9).

No momento da discussão coletiva sobre como podemos calcular o volume da gavetinha e de objetos com esse mesmo formato, as explicações sobre o cálculo do volume do paralelepípedo se confundem com o cálculo da área do retângulo. Retomou-se, então, a diferença entre área e volume, e entre volume e capacidade. Quanto à primeira, as explicações dos alunos, de modo geral, repousam sobre as fórmulas do cálculo de área e volume, por exemplo, um grupo de alunos defendeu que: *“para encontrar a área, multiplica-se base e altura, e, para encontrar o volume, calcula-se base vezes altura vezes largura.”*. Essa argumentação, em partes coerentes matematicamente, não elucida a compreensão do conceito - no sentido de significado - de área e volume. Os alunos condicionaram suas respostas com base nas fórmulas matemáticas e não conseguiram formular uma explicação do que é volume, ou área ou capacidade.

O recorte do argumento do aluno reflete a característica do ensino tradicional de matemática. A explicação é feita por meio do algoritmo, da fórmula, que, mesmo correta, não dá espaços para formulações significativas, tampouco contextualizadas desse conhecimento.

No debate sobre volume e capacidade, os alunos não recorreram às fórmulas, no entanto, apresentaram, de modo preliminar, noções que descrevem a medida de volume relacionada à capacidade por meio da ideia de preenchimento, como expressou a fala de um aluno: *“você pode comprar um pacote de salgadinho grande, ele vai fazer um grande volume, mas dentro vai ter pouco salgadinho porque está cheio de ar também”*.

Apenas um dos grupos percebeu a relação entre as dimensões da gavetinha com o volume de  $1 \text{ cm}^3$  dos cubinhos: “a ideia é que, dentro da caixa, cada cubinho é um centímetro, no comprimento cabem 4 cubinhos, na largura, 3 cubinhos e, na altura, 1 cubinho, o que dá  $12 \text{ cm}^3$  de volume, porque tem 12 cubinhos na caixa.”. Foi solicitado a esse grupo que compartilhasse a conclusão com o grande grupo.

Essa dificuldade, em expressar em linguagem natural seus *teoremas-em-ação*, mesmo conseguindo resolver as situações ou certas tarefas, é natural, pois a construção de um conceito não tende a ocorrer de forma ordenada e sequencial (VERGNAUD, 1998, p. 174).

Figura 9 - Tabela das dimensões e volume de paralelepípedos

Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Volume ( $\text{cm}^3$ )
5	2	3	30
11	2	5	110
7	3	5	105
13	5	10	650
2	6	5	60

Fonte: Autora (2022)

Nos diálogos, alguns alunos explicaram como preencheram a tabela: “a gente substituiu os números que faltavam pelo x e armamos a conta”; “fizemos as contas com os números que tinham e depois testamos os números que podiam ir ali”. Nestes recortes, os alunos deixam explícito que recorreram às ideias de igualdade de uma equação do primeiro grau para solucionar a tabela.

No final da aula, os grupos trabalharam em cima da resolução de situações-problema envolvendo o cálculo de volume e capacidade. Perpassando pelos grupos, percebe-se que a construção do conceito de volume de líquidos na compreensão dos alunos só é possível por meio da medida em litros ou mililitros. A afirmação “em  $1 \text{ m}^3$  cabem 1000 litros” não parece ser possível no entendimento dos alunos.

A percepção neste momento é que as dificuldades se deparam sobre aspectos quantitativos, como o metro cúbico. A conversa sobre o problema da gavetinha de fósforos foi retomada, agora, com um exemplo com base na unidade. A professora pede para os alunos imaginarem uma caixa, ali no chão da sala: “imaginem uma caixa, assim como essa de fósforo, mas agora as dimensões desta caixa serão de um metro de altura, um metro de

*comprimento e um metro de largura*”. Para compreender a ideia dos alunos sobre quanto equivale um metro, foi solicitado que alguém exemplificasse quanto equivale um metro, um aluno indicou a medida do comprimento de uma mesa escolar. A professora continua: “*se calcularmos o volume desta caixa, quanto seria?*”. Prontamente, os alunos respondem que o volume seria de  $1\text{ m}^3$ . A unidade cúbica é citada pelos próprios alunos, enfatizamos essa observação, pois, nos registros escritos, nota-se que os alunos ocultam essa unidade de medida nos cálculos. Conclui-se, então, que, dentro desta caixa imaginária, caberão 1000 litros de água.

Contudo, façamos um parêntese quanto ao sentido das escritas simbólicas de metro quadrado e metro cúbico realizadas na obra de Vergnaud (2009), como duas formas de relações multiplicativas que não deixam de ter relações entre si, como no caso do retângulo e do cubo.

*A noção de metro quadrado* tem, assim, dois sentidos complementares, aquele de quadrado de um metro de lado, e aquele de produto de duas medidas de comprimento (metro x metro). Apenas o segundo sentido permite estender às formas, que não se deixam decompor em quadrados (triângulos, círculos, etc.), a relação fundamental: comprimento x comprimento = comprimento ao quadrado. É essa relação que dá um sentido à escrita simbólica das unidades de área:  $m^2$ ,  $cm^2$ ,  $km^2$ , etc. (VERGNAUD, 2009, p. 255).

*O volume* é o produto de uma área pelo comprimento, mas como a área é ela mesma o produto de um comprimento por outro comprimento, o volume é um comprimento ao cubo, o que dá sentido à escrita simbólica das unidades de volume:  $m^3$ ,  $dm^3$ ,  $cm^3$ , etc. (VERGNAUD, 2009, p. 257).

Um dos alunos prossegue a discussão retomando uma das situações-problema da aula sobre a quantidade de ar que pode ser colocada em um salão em formato de um bloco retangular, reconhecendo que, nesta caixa imaginária, caberia 1,3 kg de ar. Essa explicação demonstra evolução da ideia de volume como a medida do espaço ocupado por um objeto ou substância. No entanto, verificou-se que nem todos chegaram a essa conclusão.

Em muitos casos, o aluno mostra conhecimento, mas não, necessariamente, o saber matemático envolvido. Esse saber vai sendo construído à medida que desenvolve a situação, de forma síncrona, essa construção depende das decisões de quem resolve o problema e das condições objetivas (PASSOS; TEIXEIRA, 2013, p. 162).

O estudo de Inhelder e Piaget (1975) sobre as explicações causais das crianças diante de fenômenos físicos pode ajudar a esclarecer as formas de compreensão dos alunos. Na obra,

“O desenvolvimento das quantidades físicas da criança”, sobre a compreensão de uma criança diante de testes sobre o volume de um sólido que se deforma, os autores explicam que:

A volumosidade ou aspecto perceptivo do volume dos corpos aparece como dependente ao mesmo tempo da forma do objeto, de suas dimensões e de seu conteúdo, do mesmo modo que o volume físico, uma vez quantificado e desligado de sua aparência qualitativa, definir-se-á para a criança como uma relação entre a quantidade de matéria e sua compreensão ou concentração (PIAGET; INHELDER, 1975, p. 91).

De forma global, esta proposta de atividade foi a mais desafiante para os alunos. As sistematizações por meio dos diálogos e das situações-problemas indicaram que os conceitos ainda estão sendo construídos pelos alunos. Os contra-argumentos colocados pela professora objetivaram o que Palácios e Castorina (2014, p. 1059) se referem sobre a análise do grau de robustez das respostas das crianças, além de conceder que suas considerações sejam desenvolvidas em torno de argumentos outros que não os seus.

### 6.1.7 O Problema do copo

Esta atividade tem como objetivo discutir a existência do ar e do espaço ocupado por ele. O problema apresentado consiste em colocar uma bola de papel no fundo de um copo e afundá-lo dentro de uma bacia contendo água, sem deixar o papel molhar.

Desta vez, contamos com um espaço adequado às atividades de experimentação, o novo laboratório de Ciências e Matemática da escola. Antes de iniciar a aula e receber os alunos, organizamos nas mesas as bacias com água colorida e os demais materiais da atividade (Figura 10).

Figura 10 - Organização do espaço antes da atividade ocorrer



Fonte: Autora (2022)

Com os alunos agrupados para o trabalho coletivo, a professora propôs o problema: “*Como será que podemos colocar este papel dentro do copo e afundar o copo dentro da bacia com água, sem molhar o papel?*”. Alguns dos alunos conheciam o problema e sabiam resolvê-lo. Diante disso, a professora solicitou para que esses alunos dessem a oportunidade para que os colegas que não conheciam o problema pudessem ter a oportunidade de explorar e interagir com os materiais.

Após algumas tentativas, todos os grupos conseguiram resolver o problema sem dificuldades. Perceberam que a solução estava associada em amassar o papel e com a posição (inclinação) em que o copo era colocado na bacia. Como relatado por um dos alunos: “*Se você dobrar a folha não vai dar certo, a folha deve ser amassada e colocada no fundo do copo e o copo deve ser colocado de boca virada sem dar nenhuma chance de virar, senão a água molha o papel*”.

Figura 11 - Alunos realizando o experimento



Fonte: Autora (2022)

Na sequência, com os alunos dispostos em um semicírculo, iniciou-se a discussão com o grande grupo. A mudança de espaço foi necessária para cumprir os objetivos desta etapa do trabalho, pois o laboratório não possui espaço para esta organização.

Questionados sobre o porquê o papel não molhou, os alunos que já conheciam o problema argumentaram que o ar faz uma “pressão” dentro do copo impedindo que o papel

molhasse. Segundo os alunos, quando se inclina o copo, essa pressão é desfeita, o ar sai e molha o papel.

A professora retomou a ação de amassar o papel, perguntando: “*porque o papel deve ser amassado e prensado dentro do copo e não apenas dobrado?*”. Um aluno explicou que, se colocar sem ser amassado, ele pode cair na água. A professora prosseguiu: “*Afinal, se ocorre essa pressão do ar no papel, o papel poderia ser colocado de qualquer forma no copo*”. Diante disso, uma aluna colocou a seguinte explicação: “*o papel não molhou porque o ar é matéria e ocupa espaço*”. Outra integrante do grupo retoma que, nas aulas de Ciências, a professora explicou que tudo que ocupa espaço é considerado matéria. A aluna prosseguiu sua explicação: “*(...) dentro do copo, tem pressão atmosférica em todos os sentidos, de cima para baixo e de baixo para cima*”.

A intenção deste diálogo é entender o pensamento dos alunos, a percepção é que, embora reconheçam o que o ar ocupa espaço no copo impedindo que a água entre, incluem a explicação de que o ar exerce uma “pressão” sobre o papel que não o deixa cair. Essa explicação adicional também é verificada no estudo de Carvalho *et al.* (1998, p. 63).

Para um outro grupo, as bolhas de ar que entraram no copo representam o ar que impediu que o papel molhasse, nas palavras de uma aluna: “*o ar ocupa espaço mesmo sendo invisível*”. Outro aluno argumentou que: “*o ar tem peso graças à gravidade*”.

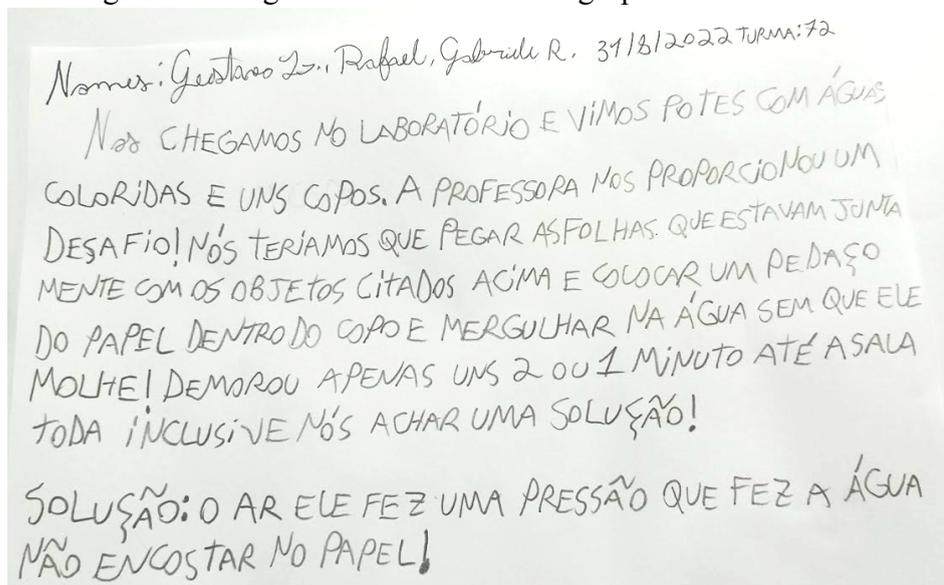
Percebem-se, nas descrições, explicações e justificativas dos alunos sobre o fenômeno trabalhado, indicadores de atividade investigativa. Inclusive as interpretações equivocadas fazem parte da prática científica que requer interpretações únicas para os fenômenos observados (CARVALHO, 1998, p. 63).

Os indicadores da enculturação científica (CARVALHO; SASSERON, 2008) se apresentam no esforço de relacionar as variáveis envolvidas na experiência com situações vivenciadas em contextos semelhantes, como nas aulas de ciências (retomando que o ar é matéria e ao falar em pressão atmosférica) e com as atividades anteriores (relações de peso e gravidade).

Para Oliveira (2013, p. 64), o fazer em Ciências deve estar além dos procedimentos usuais (fazer observações, levantar hipóteses e dados, etc.), no ensino, deve possibilitar ao aluno desenvolver a capacidade de debater suas ideias e escrever sobre o tema. No registro abaixo (Figura 12), o grupo de alunos explicaram os acontecimentos da aula. Chama atenção a descrição do espaço (nós chegamos ao laboratório, e vimos as bacias coloridas e uns copos), a descrição do desafio proposto pela professora, a identificação quase que imediata da solução do problema e a solução, como indica o relato, representa a conclusão do grupo. Embora esse

grupo tenha tido pouca participação na discussão com a classe, em compensação, conseguiram descrever com detalhes e acrescentar elementos da discussão, sendo o registro escrito superior ao oral.

Figura 12 - Registro escrito de um dos grupos sobre a atividade



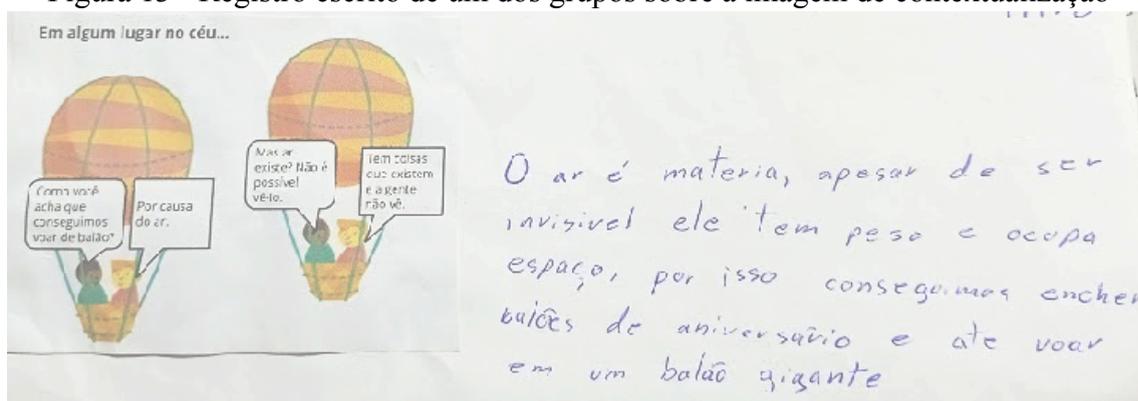
Fonte: Autora (2022)

Escrita dos alunos: "Nós chegamos no laboratório e vimos potes com águas coloridas e uns copos. A professora nos proporcionou um desafio! Nós teríamos que pegar as folhas que estavam juntamente com os objetivos citados acima e colocar um pedaço de papel dentro do copo e mergulhar na água sem que ele molhe! Demorou apenas uns 2 ou 1 minuto até a sala toda, inclusive nós achar uma solução! Solução: o ar ele fez uma pressão que fez a água não encostar no papel".

Na última etapa da atividade, os alunos foram convidados a registrar sobre a atividade desenvolvida e escreverem sobre as relações entre as ideias desenvolvidas com o funcionamento de um balão, com base no diálogo apresentado na figura (ver Figura 36 - Apêndice A).<sup>14</sup> A imagem proposta foi uma provocação para que os alunos coordenassem as discussões da atividade com situações cotidianas. Na organização do registro escrito, a professora convidou-os para que incluíssem situações das suas experiências relacionadas com o problema trabalhado.

<sup>14</sup> Disponível em: <https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/7ano/ciencias/atmosfera-o-ar-que-nos-cerca/1923>.

Figura 13 - Registro escrito de um dos grupos sobre a imagem de contextualização



Fonte: Autora (2022)

Escrita dos alunos: "O ar é matéria, apesar de ser invisível ele tem peso e ocupa espaço, por isso conseguimos encher balões de aniversário e até voar em um balão gigante".

Na Figura 13, o grupo de alunas apresentou justificativas para o fenômeno trabalhado com situações cotidianas, ao relatarem que: "O ar é matéria, apesar de ser invisível, ele tem peso e ocupa espaço, por isso conseguimos encher balões de aniversário e até voar em um balão gigante.". A análise desse trecho do relato mostra características próximas da discussão com o grande grupo, contribuindo para a construção da argumentação por escrito. A produção do pensamento científico envolve tanto a capacidade de observação do fenômeno quanto a de pensar nele e de buscar uma explicação, conforme Oliveira (2013, p. 73).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado buscou elaborar um produto educacional composto por uma sequência de situações-problema sobre conceitos físicos e matemáticos. As atividades obedecem às três etapas de uma SEI: problematização, sistematização e contextualização (CARVALHO *et al.*, 1998; CARVALHO, 2013). A análise e a aplicação deste conjunto de atividades têm por sustentação o método clínico piagetiano, como recurso didático-pedagógico e de teóricos interlocutores como Gérard Vergnaud.

Assim sendo, em coerência com o referencial bibliográfico realizado, a pesquisa de natureza qualitativa teve como interesse maior interpretar, por meio das falas e das argumentações dos alunos, como se dá a construção dos conceitos envolvidos nas atividades. Posto o desafio de que: *“não é fácil identificar as inferências que se produzem na cabeça de um aluno durante sua atividade, inclusive um raciocínio parcialmente enunciado. O professor é, então, inevitavelmente levado a interpretar. Suas interpretações são decisivas na condução da turma”* (VERGNAUD, 2002, p. 2-3).

Com base em Vergnaud (2022, p. 12), nosso intuito foi proporcionar ao aluno condições, em função das situações e das provocações, de trazer à tona conceitos e teoremas explícitos, isto é, cientificamente aceitos, a partir de um conhecimento implícito.

Nem sempre os alunos conseguiram organizar seus argumentos durante as discussões. Os termos científicos faltavam nas falas e eram substituídos por palavras familiares, como “boiar” para se referir a flutuar. Essa característica, pode ser considerada como parte do processo do fazer científico. Nestas atividades, os conceitos não eram enunciados pela professora, nem as discussões dadas como certas ou erradas. As construções do conhecimento foram de legitimidade dos alunos, averiguadas em momentos nos quais realizavam analogias das explicações para os fenômenos trabalhados com suas experiências ou com informações que já possuíam. A proposta foi que os saberes fossem desenvolvidos à medida em que se davam as etapas de discussões, de pesquisas e dos registros por escrito.

As atividades foram trabalhadas no decorrer de três meses. Em geral, observou-se crescimento na qualidade dos registros escritos dos alunos. Como relatado nos resultados, nas primeiras atividades da sequência, os alunos se mostraram entusiasmados em contar como resolveram o problema, assim como, com as discussões de contextualização e sistematização da atividade. No entanto, a facilidade da oralidade se contrapôs à resistência apresentada para construir o registro por escrito.

O registro escrito foi trabalhado por meio de duas propostas ao longo da pesquisa: individual e em grupo. Na atividade “Construindo a ideia de densidade”, solicitou-se que os alunos realizassem o registro, contando sobre o que aconteceu na aula e suas percepções sobre as tirinhas trabalhadas individualmente. Nas demais atividades, a condução foi por meio da elaboração do registro em grupo. Essa mudança tem justificativa na reflexão sobre a valorização do trabalho grupal. Uma vez que cada atividade da SEI, do seu início até a etapa final, o registro é voltado para o trabalho em grupo. Constatou-se, assim, ser necessário que todas as etapas fossem em grupos, em coerência com as interações discursivas que fazem parte do objetivo inicial desta pesquisa.

De modo geral, as análises dos registros escritos mostraram evolução de alguns grupos na organização e na descrição do que foi trabalhado na aula. Os textos englobam elementos argumentativos das discussões com o grande grupo e entre os pequenos grupos. Estas interações discursivas foram essenciais para que os alunos organizassem as ideias no papel, de modo autônomo. No entanto, cabe ressaltar que nem sempre os grupos mais participativos no debate construíram registros mais completos.

Nos registros, os alunos descreveram também suas dificuldades e o que não deu certo durante as atividades. Como na atividade “A densidade e o mar morto”, a maioria dos alunos esbarrou na dificuldade dos cálculos de multiplicação envolvendo proporção.

Na atividade “A Densidade e o Mar Morto”, quando apenas um dos grupos conseguiu reproduzir os protótipos do Mar Morto e do Mar “normal”, foram convidados a compartilhar com o grande grupo, que, por sua vez, pôde presenciar o fenômeno, proporcionando momentos de troca entre os grupos. Nessa aula, não foi possível oportunizar aos alunos que erraram na proporção a recriar os protótipos de mares novamente, por falta de tempo e materiais. Tendo em vista isso, percebeu-se que os alunos se mostravam mais à vontade para errar nas atividades experimentais, enquanto, por outro lado, no momento da escrita, pareciam mais preocupados com a aprovação da professora sobre o que estavam fazendo.

Na atividade “O que é volume”, as atividades de contextualização geraram dificuldades que se defrontaram com as relações multiplicativas em cálculos do volume do paralelepípedo.

Diante disso, nossas análises possibilitam às decisões de executar ajustes e modificações que possam aperfeiçoar o planejamento destas atividades. O Produto Educacional gerado por esta pesquisa é voltado para professores, que devem parametrizar as atividades para as condições e realidades da sua sala de aula.

A organização dos materiais de cada atividade experimental e os ajustes do espaço escolar consistiram em um grande esforço e dedicação da autora. Para tanto, pôde-se contar com um espaço adequado, o laboratório de Ciências e Matemática, apenas na última atividade. Nas demais, foi necessário nos acomodar dentro da própria sala de aula do sétimo ano e, quando possível, em uma antiga sala de informática da escola. De fato, esses aspectos interferiram na produção plena do trabalho. Devido aos espaços pequenos e, diante da quantidade de alunos da turma – 32 alunos, não foi possível realizar a roda de conversa em círculo em todas atividades.

A dinâmica das aulas, com base nas etapas de uma aula investigativa, proporcionou oportunidades para que todos os alunos pudessem se expressar. A turma que, de modo geral, é participativa, facilitou o desenvolvimento das discussões. Na atividade “Massa e Volume” a discussão da gravidade, a fórmula do peso, dentre outros foram enunciados pelos alunos, mesmo não fazendo parte do planejamento da aula. Os alunos puderam participar da condução da aula, na qual discutiram de forma espontânea e entusiasmada.

Na diversidade de um grupo, naturalmente, haviam alunos que falavam menos. Para isso, recorreu-se às ações pedagógicas para valorizar a participação de todos. Como observado em Oliveira (2013, p. 74), não se deve desconsiderar os tipos de participação em uma discussão, pois o aluno em silêncio pode estar acompanhando e reorganizando o pensamento diante das questões debatidas.

Por fim, o trabalho aqui desenvolvido concorda com Kebach (2007, p. 45) sobre o reconhecimento do valor pedagógico do método clínico. Apoiado na proposta do ensino por investigação e da enculturação científica, observou-se que os alunos levantaram hipóteses, discutiram e discordaram entre si. O ato de fazer perguntas não ficou restrito à figura do professor. São essas ações dialéticas que proporcionam novos desequilíbrios e novas organizações.

Uma ponte entre a teoria piagetiana e os desafios didático-pedagógicos da sala de aula pode ser feita por meio da teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud. Encontramos nos textos de Vergnaud sustentação teórica e metodológica durante o trabalho de aplicação das atividades em sala de aula. Além disso, a teoria Vergnausiana ofereceu ferramentas teóricas promissoras para as nossas análises pedagógicas e didáticas. O Método Clínico, por sua vez, apresentou o desafio em deixar o aluno falar, de respeitar sua voz e a construção de seus entendimentos. A conciliação das contribuições desses dois autores, proporcionam ao professor condições de interpretar e investigar sua própria prática, a fim de refletir e, consequentemente, modificar suas estratégias didáticas.

## REFERÊNCIAS

- ALRØ, H.; SKOVSMOSE, O. **Diálogo e aprendizagem em educação matemática**. Tradução de Orlando Figueiredo. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2010.
- ANJOS, A. J. S.; SAHELICES, C. C.; MOREIRA, M. A. As equações matemáticas no ensino de física: uma análise de conteúdos em livros didáticos de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 312-325, 2015. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/>. Acesso em: 27 jan. 2022.
- ARTIGUE, M. Ingénierie Didactique. **Recherches en didactique des mathématiques**, Paris, v. 9, n. 3, p. 281-308, 1988.
- ARTIGUE, M. Ingénierie didactique: quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui ?. *In: Les dossiers des sciences de l'éducation*. Didactique des disciplines scientifiques et technologiques: concepts et méthodes, [S. l.], n. 8, p. 59-72, 2002.
- BANG, V. La méthode clinique et la recherche en psychologie de l'enfant. **Psicologia genética e epistemologia**. Paris: Dunod, 1966. p. 67-81. Disponível em: <http://www.fondationjeanpiaget.ch>. Acesso em: 8 out. 2021.
- BARRELO JUNIOR, N. **Promovendo a argumentação em sala de aula de física moderna e contemporânea** - uma sequência de ensino investigativa e as interações professor-alunos. 2015. 182 p. Tese (Doutorado), Instituto de Física e Faculdade de Educação - Universidade de São Paulo, 2015.
- BARROSO, R.; MARTEL, J. Caracterización geométrica del desarrollo de la triada piagetiana. **Educación Matemática**, México, v. 20, n. 1, p. 89-102, 2008.
- BARTELMÉBS, R. C. Psicogênese e história das ciências: elementos para uma epistemologia construtivista. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 16, n. 2, p. 147-165, maio/ago. 2014.
- BECKER, F. Aprendizagem: Concepções Contraditórias. **SCHEME: Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, Marília, v. 1, n. 1, p. 53-73, jan./jun. 2008. Disponível em: <https://revistas.marilia.unesp.br/index.php/scheme/article/view/552>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- BECKER, F. **A origem do conhecimento e a aprendizagem escolar**. Porto Alegre: Artmed, 2003. 116 p.
- BECKER, F. Ensino e pesquisa: qual a relação? *In: BECKER, F. Ser professor é ser pesquisador*. Porto Alegre: Mediação, 2007. p. 6-16.
- BECKER, F. **Epistemologia do professor de matemática**. Petrópolis: Vozes, 2012.
- BECKER, F. Construção do conhecimento matemático: natureza, transmissão e gênese. **Bolema**, Rio Claro, v. 33, n. 65, p. 963-987, dez. 2019.
- BIANCHINI, B. L.; MACHADO, S. D. A. A Engenharia Didática em pesquisas publicadas nos últimos dez anos da revista educação matemática e pesquisa. **Educação Matemática e Pesquisa**, São Paulo, v. 21, n. 5, p. 618-635, 2019.

BIANCHINI, L. G. B.; VASCONCELOS, M. S. Sentir, Significar e Construir Conhecimento com Base nos Erros. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 42, n. 3, p. 1035-1057, jul./set. 2017.

BONA, A. S. D. Ações de Investigação na Aula de Matemática. *In: XV ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA*, Curitiba, p. 1-15, 2013.

BONA, A. S. D.; LEAL, L. B. Novas práticas investigativas nas aulas de Matemática. *In: XV ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA*, Curitiba, p. 1-16, 2013.

BONA, A. S. D.; SOUZA, M. T. C. C. Aulas investigativas e a construção de conceitos de matemática: um estudo a partir da teoria de Piaget. **Psicologia USP**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 240-248, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-656420130025>. Acesso em: 10 nov. 2021.

BONGIORNO, V. de F.; SOUZA, C. R. Flutua ou afunda. *In: SCHIEL, D.; ORLANDI, A. S. Ensino de ciências por investigação*. São Paulo: Campacta, 2009. p. 75-86.

BRUNER, J. Celebrating divergence: Piaget and Vygotsky. **Human Development**, Basel, v. 40, n. 2, p. 63-73, mar./apr. 1997.

CABRAL, T. C. B. Desafios e perspectivas para a educação matemática: o normal como novo remoto. **Educação Matemática em Revista-RS**, Porto Alegre, v. 2, n. 22, p. 111-118, set. 2021. Disponível em: <http://sbemrevista.kinghost.net/revista/index.php/EMR-RS/issue/view/181>. Acesso em: 18 mar. 2022.

CAMPOS, B. S. *et al.* Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 1402-1-15, 2012.

CARRAHER, T. N. **O método clínico usando os exames de Piaget**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 1998.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ciências no ensino fundamental**: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P. O Ensino de Ciências e a proposição de Sequências de Ensino Investigativas. *In: CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 01-20.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 18, n. 3, dez. 2018.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Ensino de física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino investigativas. **Ensino em Re-Vista**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 249-266, jul./dez. 2015.

CASÁVOLA, H. M. *et al.* O papel construtivo dos erros na aquisição dos conhecimentos. *In: CASTORINA, J. A. et al. In: CASTORINA, J. A. (org.). Psicologia genética: aspectos metodológicos e implicações pedagógicas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988. p. 32-44.

CASTORINA, J. A. Psicogênese e ilusões pedagógicas. *In*: CASTORINA, J. A. **Psicologia genética: aspectos metodológicos e implicações pedagógicas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988. p. 45-57.

CASTORINA, J. A.; FERNÁNDEZ, S.; LENZI, A. A Psicologia Genética e os processos de aprendizagem. *In*: CASTORINA, J. A. (org.). **Psicologia genética: aspectos metodológicos e implicações pedagógicas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988. p. 13-31.

CASTORINA, J. A.; LENZI, A.; FERNÁNDEZ, S. Alcances do método da exploração crítica em psicologia genética. *In*: CASTORINA, J. A. (org.). **Psicologia genética: aspectos metodológicos e implicações pedagógicas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988. p. 58-83.

CHAKUR, C. R. S. L. Contribuições da Pesquisa Psicogenética para a Educação Escolar. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 289-296, set./dez. 2005.

CHAKUR, C. R. S. L. **A desconstrução do construtivismo na educação: crenças e equívocos de professores, autores e críticos** [online]. São Paulo: Editora UNESP, 2015. 171 p.

CHAKUR, C. R. S. L. *et al.* A Construção da noção de direitos humanos em crianças e adolescentes. **Cadernos de Pesquisa**, [S. l.], n. 104, p. 76-100, 1998.

COLL, C.; MARTÍ, E. Aprendizagem e desenvolvimento: a concepção genético-cognitiva da aprendizagem. *In*: COLL, C. *et al.* (org.). **Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação escolar**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 45-59.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Tradução Luciana de Oliveira da Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 248 p.

D'AMBROSIO, U. Prefácio. *In*: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (org.). **Pesquisa qualitativa em educação matemática**. 4. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2012. p. 11-22.

DA ROCHA FALCÃO, J. T. **Psicologia da educação matemática: uma introdução**. 2. ed. 1. reimp. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

DELVAL, J. **Aprender na vida e aprender na escola**. Tradução de Jussara Rodrigues. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

DELVAL, J.; BARRIO, C. del. La comprensión infantil de las guerras y la educación para la paz. **RPD – Revista Profissão Docente**, Uberaba, v. 2, n. 6, p. 38-52, set./dez. 2002.

DELVAL, J. **El desarrollo humano**. 7. ed. Madrid, Siglo XXI, 2006.

DELVAL, J. Aspectos de la construcción del conocimiento sobre la sociedad. **Educación**, Curitiba, n. 30, p. 45-64, 2007.

DELVAL, J. **Descubrir el pensamiento de los niños: introducción a la práctica del método clínico**. México: Siglo Veintiuno Editores, 2012.

eHOW CONTRIBUTOR. **Como determinar a capacidade de passageiros de um barco**. 20 nov. 2021. Disponível em: [https://www.ehow.com.br/determinar-capacidade-passageiros-barco-como\\_74748/](https://www.ehow.com.br/determinar-capacidade-passageiros-barco-como_74748/). Acesso em: 14 fev. 2022.

EICHLER, M. L. Acerca das citações à obra de Jean Piaget em revistas indexadas. **Schème: Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, [S. l.], v. 7, n. 2, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5555/repeg.v7i2.5779>. Acesso em: 11 out. 2021.

ESCOBAR, F. C. Plano de aula: Problemas de volume e capacidade. **Nova Escola**, [2022]. Disponível em: <https://novaescola.org.br/planos-de-aula/fundamental/8ano/matematica/problemas-de-volume-e-capacidade/1773>. Acesso em: 25 set. 2022.

FACCI, M. G. D. A periodização do desenvolvimento humano na perspectiva da Psicologia Histórico-Cultural: subsídios para a intervenção do(a) psicólogo(a) escolar e educacional. In: FACCI, M. G. D.; LEONARDO, N. S. T.; FRANCO, A. de F. (org.). **Implicações da periodização do desenvolvimento humano para a prática pedagógica: em destaque a Psicologia Histórico-Cultural**. Paranavaí: EduFatecie, 2023, p. 184-213. Disponível em: <https://editora.unifatecie.edu.br/index.php/edufatecie/catalog/book/58>. Acesso em: 1 jun. 2023.

FRANCHI, A. Considerações sobre a teoria dos Campos Conceituais. In: MACHADO, S. D. A. (org.). **Educação matemática: uma (nova) introdução**. 3. ed. São Paulo: EDUC, 2008. p. 189-232.

GAMA, M. C. S. S. As teorias de Gardner e de Sternberg na Educação de Superdotados. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 27, n. 50, p. 665-674, set./dez. 2014.

GARDNER, H. **Inteligências múltiplas: a teoria na prática**. Porto Alegre: Artmed, 1995.

GÓES, F. B. S. Plano de aula: Construindo a ideia de densidade. **Nova Escola**. [2022]. Disponível em: <https://novaescola.org.br/planos-de-aula/fundamental/5ano/ciencias/construindo-a-ideia-de-densidade/1806>. Acesso em: 20 jan. 2022.

GOMES, A. L. M. Plano de aula: Atmosfera - O ar que nos cerca. **Nova Escola**. [2022]. Disponível em: <https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/7ano/ciencias/atmosfera-o-ar-que-nos-cerca/1923>. Acesso em: 11 fev. 2022.

GONZÁLEZ, G. T.; DELVAL, J. Análisis de la práctica de aula. El caso de las concepciones histórico-económicas del alumnado. **Investigación en la Escuela**, [S. l.], n. 69, p. 5-18, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10272/10646>. Acesso em: 05 dez. 2021.

GUIMARÃES, R. S.; BARLETTE, V. E.; GUADAGNINI, P. H. A Engenharia Didática da construção e validação de sequências de ensino: um panorama com foco no ensino de ciências. **Polyphonia**, Goiás, v. 26, n. 1, p. 211-226, jan./jun. 2015.

INFOPÉDIA. **Dicionário Porto Editora**. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/locucoes-expressoes/ne> varietur. Acesso em: 28 abr. 2022.

INHELDER, B.; SINCLAIR, H. Z.; BOVET, M. **Aprendizaje y estructuras del conocimiento**. Madrid: Morata, 1975.

KEBACH, P. F. C. O professor construtivista: um pesquisador em ação. In: BECKER, F. (org.). **Ser professor é ser pesquisador**. Porto Alegre: Mediação, 2007. p. 42-54.

KESSELRING, T. **Jean Piaget**. Tradução de Antônio Estevão Allgayer e Fernando Becker. Petrópolis: Vozes, 1993.

MACEDO, L. de. **Ensaio construtivistas**. 6. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2010.

MACHADO, S. D. A. Engenharia Didática. *In*: MACHADO, S. D. A. (org.). **Educação Matemática: uma (nova) introdução**. 3. ed. São Paulo: EDUC, 2008. p. 231-247.

MARQUEZINI, C. P. *et al.* O Método clínico piagetiano e sua aplicação em pesquisas sobre desenvolvimento moral: revisão de literatura. **Schème: Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, Marília, v. 9, n. 2, p. 36-57. ago./dez. 2017. <https://doi.org/10.36311/1984-1655.2017>. Acesso em: 11 jan. 2022.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física: Ensino Médio - volume 1**. São Paulo: Scipione, 2006.

MAYER, S. J. The early evolution of Jean Piaget's clinical method. **History of Psychology**, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 362-382, 2005.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 43, out. 2021.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 32, n. 94, 2018. Disponível em: 10.1590/s0103-40142018.3294.0006. Acesso em: 11 jan. 2022.

MOREIRA, M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e Pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.

MORGADO, L.; PARRAT-DAYAN, S. Conversas livres com a criança: Problemas e métodos. **Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 10, n. 2. p. 315-321, jul./dez. 2006.

MRECH, L. M. **Psicanálise em educação: novos operadores de leitura**. São Paulo: Pioneira - Thompson Learning, 1999.

NOGUEIRA, C. M. I. A Formação de Professores que Ensinam Matemática e os Conteúdos Escolares: Uma Reflexão Sustentada na Epistemologia Genética. **Schème: Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, Marília, v. 5, número especial, set. 2013.

NOGUEIRA, C. M. I.; NOGUEIRA, V. I. O ensino de Matemática no Brasil na perspectiva Piagetiana: uma primeira aproximação ao estado da arte. **Schème: Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, Marília, v. 9, número especial, 2017.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Tradução de por Carla Valadares. Lisboa: Plátano Edições, 1984.

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE MATEMÁTICA DAS ESCOLAS PÚBLICAS (OBMEP). **.Probleminha: Peso X Massa**. Disponível em: <http://clubes.obmep.org.br/blog/probleminha-peso-x-massa/>. Acesso em: 18 out. 2022.

OLIVEIRA, C. M. A. O que se fala e se escreve nas aulas de Ciências?. *In*: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 63-75.

PAIS, L. C. **Didática da matemática; uma análise da influência francesa**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2008.

PALÁCIOS, M. I. G.; CASTORINA, J. A. Método Clínico-crítico y etnografía en investigaciones sobre conocimientos sociales. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 44, n. 154, p. 1052-1068, out./dez. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/198053142949>. Acesso em: 09 dez. 2021.

PARRAT-DAYAN, S. A discussão como ferramenta para o processo de socialização e para a construção do pensamento. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 45. p. 13-23. jun. 2007.

PARRAT-DAYAN, S. La réception de l'œuvre de Piaget dans le milieu pédagogique des années 1920-1930. Tradução de Tradução de João Alberto da Silva. **SCHEME: Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, Marília, v. 1, n. 2, p. 148-167, jul/dez. 2008.

PEREIRA, M. V.; MOREIRA, M. C. do A. Atividades prático-experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 1, p. 265-277, abr. 2017.

PIAGET, J. **Psicologia e epistemologia**: por uma teoria do conhecimento. Tradução de Agnes Cretella. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1978.

PIAGET, J. **Psicologia e pedagogia**. 6. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982.

PIAGET, J. **Epistemologia genética**. 2. ed. São Paulo: Abril cultural, 1983.

PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança**. Rio de Janeiro: LTC, 1987.

PIAGET, J. **Para onde vai a educação?**. 15. ed. Trad. do original francês de 1948 por Ivette Braga. Rio de Janeiro: José Olympio, 2000.

PIAGET, J. **La Représentation du Monde chez L Enfant**. Paris: PUF, 1926. [A Representação do Mundo na Criança. Rio de Janeiro: Record, s.d.]

PIAGET, J. **A representação do mundo na criança**: com o concurso de onze colaboradores. Tradução de Adail Ubirajara Sobral. 5. ed. Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2005.

PIAGET, J.; GARCÍA, R. **Psicogênese e história das ciências**. Petrópolis: Vozes, 2011.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **O desenvolvimento das quantidades físicas nas crianças**. Tradução de Christiano Monteiro Oiticica. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

PONTE, J. P.; BROCARD, J. OLIVEIRA, H. **Investigações matemáticas na sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica, 2003.

QUAL Viagem Disponível em: <http://www.qualviagem.com.br/>. Acesso em: 11 out. 2022.

RIBEIRO, A. E. M. **Princípios do Método Clínico de Jean Piaget**: uma análise dos protocolos de pesquisa entre 1920 e 1922. 2018. 262 f. Tese (Doutorado em Psicologia). – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis, 2018.

RIBEIRO, E. M.; SOUZA, L. L. Na pista das origens do método clínico: seguindo Piaget de Neuchâtel a Paris. **Memorandum: Memória e História em Psicologia**, [S. l.], v. 37, p. 1-30,

nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.35699/1676-1669.2020.15830>. Acesso em: 7 out. 2021.

ROSA, P. R. S. **Uma introdução à pesquisa qualitativa em ensino de ciências**. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2013.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado**. 2. ed. Lisboa: Horizonte, 1998.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. *In*: CARVALHO, A. M. P (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 41-61.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. C. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SEDANO, L.; CARVALHO, A. M. P de. Ensino de ciências por investigação: oportunidades de interação social e sua importância para a construção da autonomia moral. **Alexandria: Revista de Educação Científica e Tecnológica**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 199-220, maio 2017.

SILVA, C. A. T. A resolução de problemas no cálculo de volumes. *In*: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE: produções didático-pedagógicas**. Curitiba: SEED/PR., 2011. v. 1. (Cadernos PDE). ISBN 978-85-8015-075-9.

SILVA, J. B. A Influência de Jean Piaget nas pesquisas de Pós-Graduação em Educação: um estudo bibliométrico. **SCHEME: Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, Marília, v. 13, n. 1, p. 209-227, jan./jul. 2021.

TAU, R.; GÓMEZ, M. F. La entrevista en la investigación del conocimiento infantil. *In*: BORZI, S. L. (org.). **El desarrollo infantil del conocimiento sobre la sociedad. Perspectivas, debates e investigaciones actuales**. La Plata: Edulp, 2016. p. 63-77. ISBN 978-950-34-1322-7. Disponível em: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/543>. Acesso em: 17 nov. 2021.

TEIXEIRA, P. J. M.; PASSOS, C. C. M. Um pouco da teoria das situações didáticas (tsd) de Guy Brousseau. **Zetetiké – FE**, São Paulo, Unicamp, v. 21, n. 39, p. 155-168, jan./jun. 2013.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1985.

TIRINHAS para o ensino de Física: Dinâmica & Estática dos Fluidos. **Arte da Física em Quadrinhos**, 24 ago. 2020. Disponível em: <https://artedafisicapibid.blogspot.com/2020/08/tirinhas-para-o-ensino-de-fisica.html>. Acesso em: 22 out. 2022.

VERGNAUD, G. Quelques orientations théoriques et méthodologiques des recherches françaises en didactique des mathématiques. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 215-232, 1981.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 17, n. 2, p. 167-181, 1998.

VERGNAUD, G. Piaget visité par la didactique. *In: Intellectica. Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive, Piaget et les Sciences Cognitives*, [S. l.], n. 33, p. 107-123, 2001-2.

VERGNAUD, G. **A criança, a matemática e a realidade**: problemas do ensino da matemática na escola elementar. Tradução Maria Lucia Faria Moro; revisão técnica Maria Tereza Carneiro Soares. Curitiba: Editora da UFPR, 2009.

VERGNAUD, G. A explicação é algo diferente da conceitualização?. Traduzido por Camila Rassi, com revisão de Luca Rischbieter, Maria Lucia Faria Moro e Maria Tereza Carneiro Soares do original em francês. (VERGNAUD, G. L'explication est-elle autre chose que la conceptualisation? (2002). *In: SAADA-ROBERT, M. (éd.). Expliquer et comprendre en Sciences de l'Éducation*, p. 31-44. Louvain-la Neuve: De Boeck Supérieur. Disponível em: <https://vergnaudbrasil.com/textos/>. Acesso em: 19 abr. 2022.

VERGNAUD, G. Cultura e Conceitualização: não há uma sem a outra. Traduzido por Maria Lucia Faria Moro, com revisão de Luca Rischbieter e de Maria Tereza Carneiro Soares, do original em francês. (VERGNAUD, G. Culture et conceptualisation; l'une ne vas pas sans l'autre. **Carrefours de l'Éducation**, [S. l.], v. 2, n. 26, p. 83-98, 2008).

VERGNAUD, G. Construtivismo e a aprendizagem da matemática. Traduzido por Camila Rassi, com revisão de Luca Rischbieter, Maria Lucia Faria Moro e Maria Tereza Carneiro Soares, do original em francês. (VERGNAUD, G. Constructivisme et apprentissage des mathématiques. Actes du Colloque Constructivismes: **Usages et Perspectives en Éducation. Genève: Service de la Recherche en Education**, n. 8, p. 143-155, 2001.

VERGNAUD, G. Educação, a melhor parte da herança de Jean Piaget. Traduzido por Maria Lucia Faria Moro, com revisão de Luca Rischbieter e Maria Tereza Carneiro Soares, do original em inglês. (VERGNAUD, G. Education, the best portion of Piaget's heritage. **Swiss Journal of Psychology**, v. 55, n. 2, p. 112-118, 1996).

VERGNAUD, G. Da didática das disciplinas à didática profissional, nada mais que um passo. Tradução de Maria Lucia Faria Moro, com revisão de Luca Rischbieter e Maria Tereza Carneiro Soares, do original em francês. (VERGNAUD, G. **De la didactique des disciplines à la didactique professionnelle**: il n'y a qu'un seul pas. Travail et Apprentissages, 1, 2008).

VERGNAUD, G. Piaget visitado pela didática. Traduzido por Camila Rassi, com revisão de Luca Rischbieter, Maria Lucia Faria Moro e Maria Tereza Carneiro Soares, do original em francês. (VERGNAUD, G. Piaget visité par la didactique. **Intellectica**, [S. l.], v. 33, p. 107-123, 2022). Disponível em: <https://vergnaudbrasil.com/textos/>. Acesso em: 11 abr. 2022.

VILALTA, E. G. Plano de aula: Propriedades dos materiais: Massa e Volume. **Nova Escola**. [2022]. Disponível em: <https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/4ano/ciencias/propriedades-dos-materiais-massa-e-volume/1934>. Acesso em: 7 fev. 2022.

WALL, E. S. **Teoria dos números para professores do ensino fundamental**. Tradução de Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: AMGH, 2014.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar [recurso eletrônico]. Tradução: Ernani F. da F. Rosa; revisão técnica: Nalú Farenzena. Porto Alegre: Penso, 2014. 291 p.

## APÊNDICE A - O PRODUTO EDUCACIONAL

### SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE CONHECIMENTOS FÍSICOS E MATEMÁTICOS

#### **Atividade: Construindo a ideia de densidade**

Esta atividade, envolve as noções sobre a flutuabilidade dos corpos. Tendo como referência o site Nova Escola e Bongiorno e Souza (2009). O intuito é conduzir o aluno a perceber a influência do volume na variação da densidade.

#### **Materiais necessários**

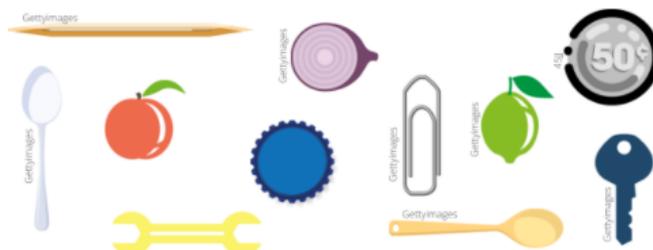
- a) recipiente transparente com água;
- b) materiais selecionados (clipes de papel, chave de fenda, tampinha de garrafa, etc.);
- c) massinha de modelar.

#### **Desenvolvimento da atividade**

Organizados em pequenos grupos, será estabelecida uma conversa inicial com os alunos sobre elementos do cotidiano que utilizam deste princípio em seu funcionamento como navio, submarino, âncora, bóia, colete salva-vidas, etc. Através das perguntas: “Como se comportam os objetos? Você já observou que, quando inseridos em água, os objetos podem ter diferentes comportamentos. Por que isso acontece? Conseguimos encontrar características de objetos que afundam ou flutuam? Vamos ver quem consegue prever o comportamento desses objetos.”

Para inserir os alunos no tema da aula, o professor apresentará os objetos, um recipiente com água será posicionado de modo que todos os alunos consigam visualizá-lo. Na sequência, o professor testará se os objetos (Figura 14) afundam ou flutuam. O último objeto a ser testado será uma bola de massinha de modelar. Esse será o gancho para a próxima etapa.

Figura 14 - Exemplo de objetos que podem ser selecionados



Fonte: Disponível em:

<https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/5ano/ciencias/construindo-a-ideia-de-densidade/1806>

Nesta etapa inicial, o diálogo pode ser provocado através de perguntas como: “De que material é feita a tampinha de garrafa? O que acontecerá quando eu inseri-la na água?” Com o objetivo de estabelecer um diálogo, para que os alunos percebam alguma relação entre o volume dos objetos e seu comportamento. Bongiorno e Souza (2009, p. 75) ressaltam que nesta atividade podem surgir várias hipóteses e novos questionamentos relacionados, por exemplo, quanto à forma, ao tamanho, ao peso, à presença de ar etc.

Para a organização e registro dos dados observados, a sugestão é o uso de uma tabela, (tabela 1). No entanto, o aluno deve ter liberdade para escolher outras formas de apresentação para registrar seus dados (BONGIORNO; SOUZA, 2009, p. 77).

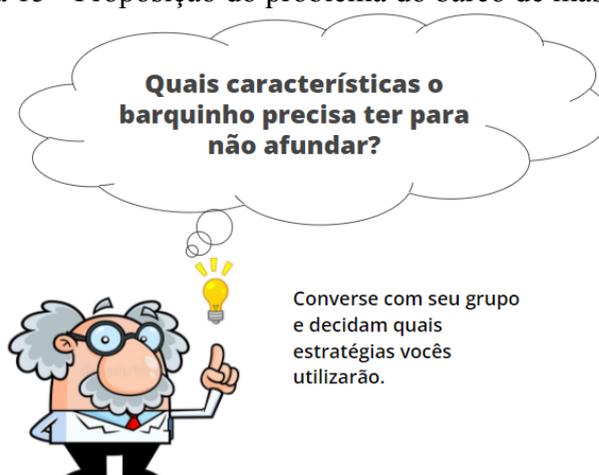
Tabela 1- Registro das observações

<b>Material</b>	<b>Hipóteses Iniciais</b>	<b>Constatação</b>
-----------------	---------------------------	--------------------

Fonte: Bongiorno e Souza (2009)

Após perceber o comportamento da bola feita de massinha de modelar quando inserida em água, realizado na etapa anterior, os alunos farão um protótipo de um barco com a mesma massinha de modelar que antes afundou. O professor propõe o seguinte problema: “Como fazer um barquinho de massinha de modelar flutuar?” (Figura 15).

Figura 15 - Proposição do problema do barco de massinha



Fonte: Adaptado do site Nova Escola

O pequeno grupo deverá chegar a um acordo sobre as características que devem ter no protótipo de barco para que ele flutue. Esse é um momento dedicado ao desenvolvimento dos argumentos. Espera-se que os alunos resgatem suas observações e hipóteses sobre o comportamento dos objetos de acordo com suas características, especialmente sobre o volume ocupado por cada objeto.

Em prosseguimento a atividade, o professor passará pelos grupos solicitando aos alunos que contem o que fizeram, quais ações levaram ao êxito e quais fracassaram: “Como vocês construíram o barquinho? Quais estratégias vocês utilizaram para que ele flutue? Precisaram fazer ajustes? Quais?”.

Se o barquinho afundar, as perguntas devem levar o grupo a repensar suas estratégias e modificá-las. É importante que todos os grupos façam com que o barquinho flutue. Dependendo da massa utilizada, o barco só flutuará com o formato semelhante a uma jangada. Diante disso, os alunos devem perceber a possibilidade de modificar a densidade de um objeto modificando apenas seu volume.

Na sequência, os grupos são desfeitos e, em círculo, toda a turma discute o que foi trabalhado na atividade. Resgata-se as características dos barquinhos confeccionados por meio do relato das experimentações realizadas. O que foi preciso ser modificado para que o barquinho flutue e/ou porque um material pode tanto afundar ou flutuar. É o momento de tomar consciência de como foi produzido o efeito desejado.

A discussão toma os caminhos do porquê o experimento funcionou. Os alunos contarão por que um mesmo objeto pode afundar ou flutuar de acordo com seu volume. Essa colaboração possibilitará aos alunos perceberem que o peso não é o único fator que determina

a fluabilidade dos corpos. Que a forma, tem influência desde que o peso seja mantido, como salienta Bongiorno e Souza (2009, p. 78).

Para aproximar as sistematizações da atividade com o cotidiano dos alunos, as tirinhas (figuras 16, 17 e 18) podem realizar encadeamento com os conceitos trabalhados no problema experimental. Na figura 18, por exemplo, os alunos poderão relacionar o fenômeno do experimento com a fórmula matemática de densidade. A ideia de proporção pode ser explorada: a densidade é diretamente proporcional à massa e inversamente proporcional ao volume. O objeto que tiver menor densidade ocupa menor volume e o que ocupar maior volume teria uma menor densidade.

Figura 16 - A densidade da água no estado sólido é menor que no estado líquido: o fato de o gelo flutuar na água.



Fonte: Disponível em: <http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=4&evento=1>.

Figura 17 - A densidade é a relação entre a massa e o volume



Fonte: Página Ciência em Memes do Facebook. Disponível em: <https://www.facebook.com/cienciaemmemes>.

Figura 18 - Experiência entre a unidade de massa e a unidade de volume



Fig.1: Experiência para determinar o valor da densidade de um corpo (representada por  $d$ ).

Fonte: Máximo e Alvarenga (2006, p. 242).

Por fim, individualmente, os alunos registram seu entendimento sobre a atividade, por meio de textos ou desenhos.

## REFERÊNCIAS

BONGIORNO, V. de F.; SOUZA, C. R. Flutua ou afunda. *In*: SCHIEL, D.; ORLANDI, A. S. **Ensino de ciências por investigação**. São Paulo: Campacta, 2009. p. 75-86.

GÓES, F. B. S. Plano de aula: Construindo a ideia de densidade. **Nova Escola**. [2022]. Disponível em: <https://novaescola.org.br/planos-de-aula/fundamental/5ano/ciencias/construindo-a-ideia-de-densidade/1806>. Acesso em: 20 jan. 2022.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física: Ensino Médio - volume 1**. São Paulo: Scipione, 2006.

### Atividade: Influência da quantidade de água sobre a flutuabilidade

Em sequência da atividade “Construindo a ideia de densidade”, os alunos avaliarão a flutuabilidade dos corpos e as variáveis envolvidas por meio da experimentação proposta em Bongiorno e Souza (2009, p. 79). Esta atividade proporciona que os alunos percebam que a quantidade de água não influencia na flutuabilidade. Em prosseguimento da atividade anterior, deve ser realizada logo na sequência, na mesma aula.

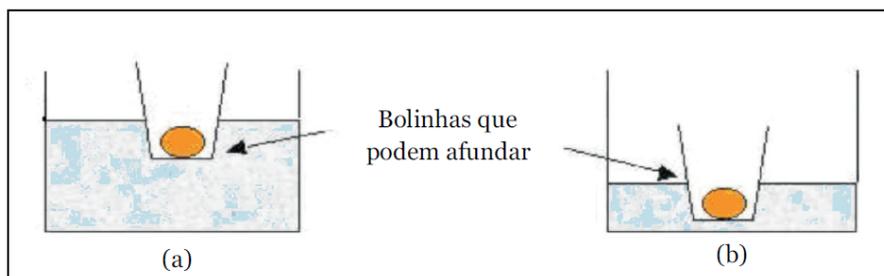
#### Materiais necessários

- dois recipientes de água: um totalmente cheio e outro pela metade;
- dois copos contendo uma bolinha de massa de modelar dentro.

#### Desenvolvimento da atividade

Os alunos divididos em grupos, terão um dos recipientes cheio de água e outro com pouca água. O professor indica que a massinha ficará dentro do copo. O problema é apresentado: “O que acontece com um copinho contendo uma bolinha de massa de modelar dentro de cada recipiente? Flutua ou afunda?” (Figura 19).

Figura 19 - Testando a influência da quantidade de água na flutuabilidade dos corpos.



Fonte: Bongiorno e Souza (2009, p. 79)

Os alunos perceberão que a quantidade de água não influencia na flutuabilidade. Cabe salientar que os alunos devem ter liberdade para realizar variações na quantidade de água dos recipientes: com o recipiente totalmente cheio de água, com metade do seu volume e/ou com pouca quantidade de água. Assim como outras variações no problema.

Para sistematização do conhecimento, nas discussões com o grande grupo (em círculo, como na atividade anterior) o problema pode ser associado a um aquário ou uma piscina, lugares com maior quantidade de água. O professor pode perguntar: “Se um mesmo objeto que afunda em uma cuba com água também afunda em uma piscina ou em um rio?”.

Espera-se que através das respostas dos alunos a discussão seja aprimorada. Ao retrucar e perguntar o porquê das argumentações, o professor deve aproveitar para propor condições para que os alunos elaborem suas conclusões causais. No final, ocorre o registro por escrito e/ou desenho deste segundo momento da aula.

## **REFERÊNCIAS**

BONGIORNO, V. de F.; SOUZA, C. R. Flutua ou afunda. *In*: SCHIEL, D.; ORLANDI, A. S. **Ensino de ciências por investigação**. São Paulo: Campacta, 2009. p. 75-86.

### **Atividade: O problema do barquinho**

O problema do barquinho é uma das atividades propostas no livro de Carvalho *et al.* (1998, p. 77-85), que envolve aspectos sobre a flutuação dos corpos: a relação entre a massa e a dimensão dos objetos, conceitos de equilíbrio e a distribuição uniforme da massa.

Para solucionar este problema os alunos deverão perceber que para o barco não afundar, é necessário construir uma superfície plana, parecida com uma balsa, e laterais estreitas, para que caiba o máximo de arruelas possível.

#### **Materiais necessários**

- a) folhas de papel alumínio de aproximadamente 30 cm de lado;
- b) arruelas;
- c) um recipiente com água com cerca de 10 cm de profundidade.

Figura 20 - Ilustração dos materiais para o problema do barquinho

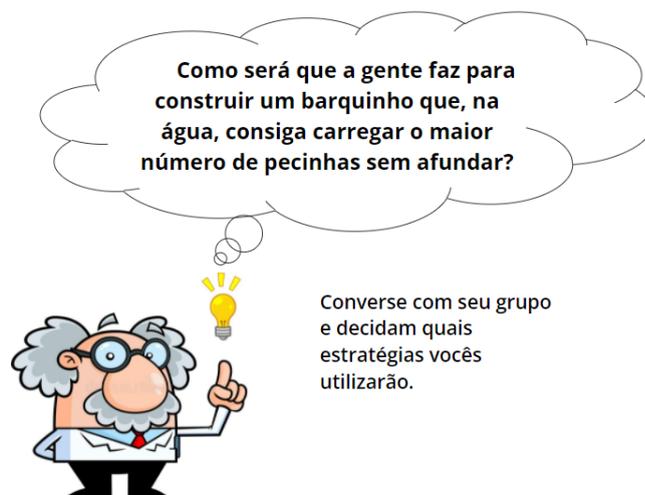


Fonte: Campos *et al.* (2012, p. 7)

#### **Desenvolvimento da atividade**

O problema consiste em construir um barquinho com folhas de papel alumínio e distribuir a massa (arruelas) sob a superfície do barco sem que ele afunde. A aula inicia-se com a apresentação do problema aos alunos: “Como será que a gente faz para construir um barquinho que, na água, consiga carregar o maior número de pecinhas sem afundar?”

Figura 21 - Proposição do problema do barquinho



Fonte: Autora (2022) com base em Carvalho *et al.* (1998)

É possível que a primeira ação dos alunos seja construir um barco com formato tradicional de dobradura (BONGIORNO; SOUZA, 2009; CARVALHO *et al.*, 1998). À medida que perceberem que esse formato não resolve o problema, modificam suas ações e estratégias. O professor deve orientá-los a testar outras soluções.

Presume-se que os alunos descubram que os barcos com uma maior área conseguem carregar mais massa. Ao passar pelos grupos, acompanhando o que vem sendo feito, o professor deve solicitar aos grupos que contem o que fizeram, por meio de perguntas que provoquem os alunos: “Como vocês perceberam que o barquinho construído na primeira dobradura afundou? Como vocês acham que deve ser o formato do barquinho? Quais estratégias vocês utilizaram para que ele flutue e ao mesmo tempo carregue o máximo de arruelas? Quantas arruelas foram possíveis colocar nesse novo barco sem que ele afunde?”.

Encontrada a solução, o material será recolhido, os grupos desfeitos e os alunos reorganizados uma roda. Nesta etapa, a discussão com o grande grupo pode ocorrer por meio de perguntas que conduzam os alunos a descreverem suas estratégias para chegar na solução. Tais como: “Como vocês fizeram para construir o barquinho que levava o maior número de peças?”

Do “como” a discussão continua no “porquê”: “Por que, somente quando vocês faziam o barquinho no formato de “canoa quadrada” (conforme Carvalho *et al.* é importante utilizar denominações dos próprios alunos), ele conseguia carregar todas as peças?” O aluno pode responder dizendo que fez no formato quadrado para espalhar bem as arruelas. O professor por sua vez pergunta: “Por que ao colocar as arruelas de modo distribuído não afunda?” (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 81-82).

No fim da discussão em roda, o professor deve conduzir os alunos a retomarem exemplos das suas situações cotidianas com a atividade que realizaram. Como exemplo a utilização de balsas para transportar carros através de rio, canoas para transporte de pessoas, navios, etc.: “Como será que é feito o cálculo para estimar a capacidade de passageiros em um barco?” Os alunos podem recorrer a sites de busca para verificar como esse cálculo é realizado.

As tirinhas (figuras 22, 23 e 24) serão apresentadas como instrumento de sistematização do conceito trabalhado. A intenção é proporcionar a construção de relações com a situação trabalhada.

Figura 22 - Por que o Homem de Ferro afundou?



Fonte:

Disponível

em:

<https://artedafisicapibid.blogspot.com/2020/08/tirinhas-para-o-ensino-de-fisica.html>.

Figura 23 - A densidade que determina a flutuação dos corpos não depende somente da massa, mas também do volume em que ela está distribuída.



Fonte:

Disponível

em:

<https://artedafisicapibid.blogspot.com/2020/08/tirinhas-para-o-ensino-de-fisica.html>.

Figura 24 - A arca de Noé



Fonte:

<https://artedafisicapibid.blogspot.com/2020/08/tirinhas-para-o-ensino-de-fisica.html>

Disponível

em:

Após o término da discussão das tirinhas, os alunos registrarão os procedimentos que realizaram, bem como seu entendimento sobre os conceitos trabalhados na atividade.

## REFERÊNCIAS

CAMPOS, B. S. *et al.* Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 1402-1-15, 2012.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

eHOW CONTRIBUTOR. **Como determinar a capacidade de passageiros de um barco**. 20 nov. 2021. Disponível em:

[https://www.ehow.com.br/determinar-capacidade-passageiros-barco-como\\_74748/](https://www.ehow.com.br/determinar-capacidade-passageiros-barco-como_74748/). Acesso em: 14 fev. 2022.

### **Atividade: Densidade e o Mar Morto**

O objetivo desta atividade é relacionar o comportamento dos objetos inseridos em um fluido com as características do Mar Morto. Além dos conceitos envolvidos, o desenvolvimento da atividade possibilitará conhecer que apesar do nome “mar” trata-se de um lago de 1.020 km<sup>2</sup> localizado no Oriente Médio. Essa proposta está disponível no site da Nova Escola. Recomenda-se que esta atividade esteja associada às discussões sobre como os objetos se comportam, em função de sua densidade; quando inseridos em água; e quais fatores influenciam na densidade de um objeto.

#### **Materiais necessários**

- a) dois recipientes;
- b) água da torneira;
- c) sal;
- d) objetos com densidade próxima à da água (caneta, lápis, borracha, etc.);
- e) um medidor de litro;
- f) uma balança.

#### **Desenvolvimento da atividade**

Logo no início, estabelece-se um diálogo para conhecer o que os alunos conhecem ou se já ouviram falar sobre o Mar Morto. As figuras abaixo (figuras 25 e 26) deverão ser discutidas, por meio de questões: “Como é possível a banhista não afundar? O mesmo aconteceria em outros mares que vocês conhecem?”

Figura 25 - Banhista que não afunda no mar morto



Fonte: Disponível em: <http://www.qualviagem.com.br/>.

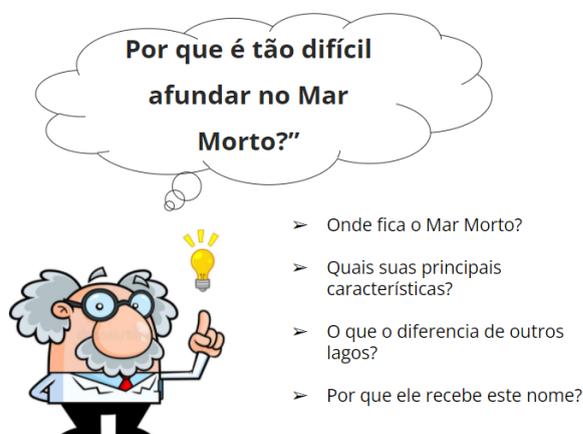
Figura 26 - Densidade dos corpos: empuxo



Fonte: Máximo e Alvarenga (2006, p. 258).

Em seguida, o problema é apresentado aos alunos, que organizados em grupos deverão investigar na internet ou em livros: “Por que é tão difícil afundar no Mar Morto?” (figura 27). O professor acompanhará a pesquisa, orientando para que o registro dos alunos contenha as informações necessárias para o momento posterior da atividade. Os grupos terão liberdade para organizarem o registro das informações pesquisadas.

Figura 27 - Proposição do problema do Mar Morto



Fonte: Adaptado do site Nova Escola

Em uma busca no Google os alunos podem encontrar uma informação como a do quadro seguinte:

## Quadro 6 - Pesquisa no site de busca Google

Os mares e oceanos possuem um nível de sal correspondente a 5% (o equivalente a 35 gramas de sal por litro de água); o grau de salinidade do Mar Morto encontra-se próximo a 35%, ou seja, a aproximadamente 300 gramas de sal por litro de água.

Fonte: Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/>.

Com as anotações da pesquisa realizada, o professor distribui os materiais do experimento para os grupos. O objetivo é construir uma reprodução do Mar Morto e de um mar comum, isto é, um mar com teor de salinidade proporcional ao Mar Morto e um outro que reproduz a salinidade de outros mares e oceanos.

O grupo receberá dois recipientes para encher de água, sal e balanças que ficarão disponíveis para todos realizarem a proporção necessária do sal para a simulação. Com as confecções dos mares prontas, os alunos testarão como os objetos (lápiz, borracha, massinha) se comportam nestas águas.

Na sistematização, os grupos serão desfeitos e os alunos contarão o que observaram nos recipientes e como interpretam as proporções necessárias para a construção das simulações que deveriam fazer. Além de relatar: as diferenças entre essas duas reproduções; como os objetos se comportam; por que é mais fácil flutuar na reprodução Mar Morto; o que aconteceria se colocássemos um peixinho nos dois recipientes; dentre outras questões passíveis para o debate.

Espera-se que os alunos expliquem que a densidade da água salgada é maior, por isso é mais fácil flutuar no mar do que em um rio, por exemplo. Além disso, que percebam que as relações entre “flutuar e afundar” de um objeto com a densidade do líquido em que ele está imerso.

Ao fim do relato dos experimentos e das discussões, o professor convida para que os grupos elaborem o registro de toda a atividade por meio de textos ou desenhos ou como preferirem.

## REFERÊNCIAS

GÓES, F. B. S. Plano de aula: Construindo a ideia de densidade. **Nova Escola**. [2022]. Disponível em: <https://novaescola.org.br/planos-de-aula/fundamental/5ano/ciencias/construindo-a-ideia-de-densidade/1806>. Acesso em: 20 jan. 2022.

### **Atividade: Massa e volume**

Através desta atividade, os alunos poderão comparar duas propriedades de materiais: massa e volume. Essa proposta está disponível no site da Nova Escola, que sugere experimentos que trabalhem os conceitos de massa e volume envolvendo materiais do cotidiano.

#### **Materiais necessários**

- a) 3 copos do mesmo tamanho;
- b) água;
- c) areia;
- d) bolinhas de isopor ou arroz (suficientes para encher os copos);
- e) 1 balança.

#### **Desenvolvimento da atividade**

A fim de aproximar os alunos com o tema da aula, o professor apresentará a seguinte situação-problema (figura 28). Os alunos organizados em um grande círculo estabelecerão, com o professor e colegas, uma conversa sobre as possíveis soluções para as perguntas envolvidas no problema: “As bolinhas são iguais em todos os aspectos? Quais características semelhantes elas possuem? Quais diferenças elas apresentam? Quem está correto: João, Marcelo ou Carlos? Por quê? Como você resolveria essa situação?” Outras perguntas podem ser direcionadas a entender o que os alunos entendem por volume e massa.

O professor deve apresentar as perguntas como uma forma de provocar o debate. Contudo, deve também explorar as informações que vão sendo discutidas, deixando os alunos falarem, e colocando estes argumentos em evidência. Além de observar a linguagem corporal dos alunos, que às vezes, na falta das palavras (científicas), buscam outras maneiras de expressar suas ideias (SASSERON, 2013, p. 43).

### Figura 28 - Situação-problema sobre massa e volume

João, Marcelo e Carlos estavam brincando com bolinhas de mesmo volume, mas feitas de materiais diferentes.



Bolinha de  
borracha



Bolinha de  
vidro



Bolinha de  
metal

Crédito das imagens:  
Gettyimages

Surgiu a seguinte dúvida: Será que as bolinhas têm a mesma massa, já que elas têm o mesmo volume?

João afirmou que, já que todas têm o mesmo volume, elas também devem ter a mesma massa.

Já Marcelo afirmou que as de vidro e metal têm a mesma massa porque são materiais pesados.

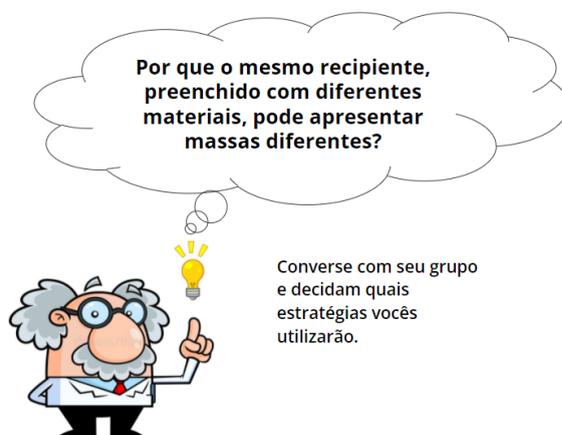
E, por fim, Carlos afirmou que todas têm massas diferentes.

Fonte: Disponível em:

<https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/4ano/ciencias/propriedades-dos-materiais-massa-e-volume/1934>.

Em seguida, com os alunos organizados em pequenos grupos, o professor distribuirá os materiais e o problema será proposto (Figura 29).

### Figura 29 - Proposição do problema massa e volume



Fonte: Adaptado do site Nova Escola

Os alunos devem explorar os materiais e o professor certificar que todos compreenderam a proposta. Na sequência, os alunos serão orientados a encher os três copos com os diferentes materiais (areia, bolinhas de isopor e água).

Uma balança ficará à disposição dos grupos, para a verificação do peso de cada um dos copos. Estas informações devem ser registradas pelos alunos, o professor pode sugerir o uso de uma tabela. No entanto, os grupos devem ter liberdade para escolher outras formas de

registro. A organização do registro, posteriormente, será avaliada pelo professor. A tabela 2 representa um exemplo de como os alunos podem anotar os resultados.

Tabela 2 - Modelo de tabela para anotações

Copos	Objetos	Massa
Copo 1		
Copo 2		
Copo 3		

Fonte: Disponível em: <https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/4ano/ciencias/propriedades-dos-materiais-massa-e-volume/1934>.

Com os dados registrados, os grupos apresentarão as informações encontradas para os demais colegas, comparando os valores com outros grupos. Organizados em um semicírculo, deverão relatar qual material pesou mais e qual pesou menos.

Em seguida, o professor perguntará por que os materiais têm essa diferença de peso, estando todos os materiais em um copo de mesma capacidade. Além disso, será solicitado que argumentem sobre: “Se ter massa e peso são a mesma coisa; se já ouviram falar alguma coisa sobre esse tema; o que pesa mais um quilograma de algodão ou um quilograma de pregos? podemos afirmar, que o peso de um carro é maior do que de uma pessoa?”

A tirinha abaixo é um instrumento para a contextualização do conhecimento envolvido na atividade. “Por que Garfield acredita que perderá peso em um planeta de gravidade menor? O que isso significa? Seria possível perder peso sem perder massa?”.

Figura 30 - Tirinha do Garfield



Fonte: Disponível em: <http://clubes.obmep.org.br/blog/probleminha-peso-x-massa/>.

Ao final da atividade, solicita-se aos alunos o registro, por escrito e/ou desenho, dos procedimentos utilizados, do desenvolvimento da atividade, a sua compreensão das ideias trabalhadas na atividade.

## REFERÊNCIAS

SASSERON, L. H. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. *In*: CARVALHO, A. M. P (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

VILALTA, Elisa Greenhalgh. Plano de aula: Propriedades dos materiais: Massa e Volume. **Nova Escola**. [2022]. Disponível em: <https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/4ano/ciencias/propriedades-dos-materiais-massa-e-volume/1934>. Acesso em: 7 fev. 2022.

### Atividade: O que é volume?

Esta atividade tem o intuito de relacionar os conhecimentos físicos trabalhados nas atividades anteriores com ideias sobre volume e capacidade do paralelepípedo retângulo. Toma-se como referência a produção didático-pedagógica de Silva (2013, p. 10) e de atividades de planos de aula do site Nova Escola com algumas adaptações que atendem a nossa proposta. O problema da atividade é relacionar o cálculo do volume de um paralelepípedo com o espaço interno de uma caixa de fósforo.

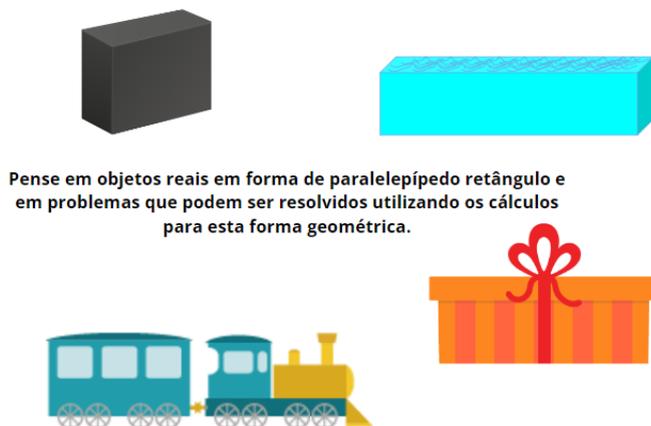
#### Materiais necessários

- a) caixinhas de fósforo;
- b) cubos de  $1\text{ cm}^3$ ;
- c) régua.

#### Desenvolvimento da atividade

Inicia-se uma conversa com o grande grupo de alunos a fim de contextualizá-los na aula, solicitando por exemplo, que indiquem objetos reais que tenham a forma de paralelepípedos retângulos. Espera-se que os alunos descrevam as dimensões e características do paralelepípedo retângulo. Contudo a palavra paralelepípedo pode parecer como novidade para alguns dos alunos. O professor pode explorar o que os alunos entendem sobre volume e capacidade, ao propor que tragam situações reais de aplicação do cálculo do volume e da capacidade de um paralelepípedo retângulo ou de um cubo.

Figura 31 - Exemplos de objetos com a forma de paralelepípedo



Pense em objetos reais em forma de paralelepípedo retângulo e em problemas que podem ser resolvidos utilizando os cálculos para esta forma geométrica.

Fonte: Disponível em:  
<https://novaescola.org.br/planos-de-aula/fundamental/8ano/matematica/problemas-de-volume-e-capacidade/1773>.

A estratégia envolvida nesta conversa inicial é tomar as referências prévias dos alunos sobre o assunto que será trabalhado. Essas informações organizarão o trabalho do professor e serão o alicerce para as interações discursivas que ocorrerão no decorrer das etapas da atividade. Trata-se de uma das ações epistemológicas que envolvem o trabalho científico, segundo Sasseron (2012, p. 50).

Com os alunos organizados em grupos, a atividade inicia-se pela proposição do problema: “Organizem os cubinhos dentro da caixinha de modo que não fique nenhum espaço entre eles. Quantos cubinhos couberam? Vocês sabem a ideia (palavra) envolvida nesse problema?”. Espera-se que a palavra volume apareça nas explicações dos alunos.

Figura 32 - Volume da gavetinha de uma caixa de fósforos



Fonte: Silva (2013)

Em um segundo momento, os grupos realizarão dimensionamento da gavetinha de caixa de fósforos por meio de réguas, registrando as seguintes informações: “Qual é o seu comprimento? Qual é a sua largura? Qual é a sua altura? Qual é o seu volume?”.

Após esse levantamento das medidas, os grupos deverão discutir e elaborar um registro sobre as questões: “Como podemos calcular o volume de qualquer de objetos com esse formato igual ao da caixinha? Como vocês acham que podemos calcular o volume de qualquer cubo?” Espera-se que eles cheguem a uma conclusão que o mesmo cálculo do volume da caixinha pode ser usado para calcular paralelepípedos e cubos.

Na terceira etapa da atividade, os grupos deverão preencher os espaços em branco da tabela a seguir, que traz as dimensões de paralelepípedos:

Tabela 3 - Dimensões e volume de paralelepípedos

Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Volume ( $cm^3$ )
5	2	3	
11		5	110
	3	5	105
13		10	650
			60

Fonte: Silva (2013, p. 12).

Em um grande círculo os alunos irão contar como preencheram a tabela 3, e se conseguiram perceber um padrão que define o valor do volume em paralelepípedos.

Na sistematização do conhecimento outros problemas serão propostos e discutidos entre os grupos. Por fim, os grupos, registrarão suas percepções sobre a aula, anexando a tabela 3 e as conclusões sobre as situações-problema propostas. Como:

*Um salão de festas tem o formato de bloco retangular e possui as seguintes dimensões: 25 m de comprimento, 20 m de largura e 4 m de altura. Como podemos calcular o volume do bloco retangular? Quanto de massa de ar podemos colocar nesse salão, sabendo-se que  $1m^3$  de ar tem aproximadamente uma massa de 1,3 Kg? Por que utilizamos a unidade cúbica no cálculo do volume?* Adaptado de Silva (2013, p. 13).

*Um determinado veículo tem o tanque de combustível no formato retangular com as seguintes dimensões: 0,25 m x 0,50 m x 0,40 m. Como podemos calcular o volume do tanque de combustível? Volume e capacidade são a mesma coisa? Sabendo que  $1 m^3$  é equivalente a 1000 litros, qual é a capacidade em litros desse tanque?* Adaptado de Silva (2013, p. 15).

*Um reservatório de água de uma determinada residência tem o formato de bloco retangular e possui as seguintes dimensões: 1,25 m de comprimento; 1 m de largura e 0,80 m de altura. Como podemos calcular o volume em  $m^3$  do bloco retangular. Quantos litros de água podemos colocar em um bloco como este?* Adaptado de Silva (2013, p. 16).

*Um navio cargueiro transporta 200 contêineres de produtos diversos, num volume total de  $6.600 m^3$ . Sabendo-se que estes contêineres serão transportados por via férrea em trens com vagões de dimensões 20,0m x 3,0m x 5,5m, quantos vagões do trem serão necessários para transportar esta carga de contêineres do navio?* (Site NOVA ESCOLA).

Figura 33 - Problema do navio e do trem



Fonte: Disponível em:  
<https://novaescola.org.br/planos-de-aula/fundamental/8ano/matematica/problemas-de-volume-e-capacidade/1773>

## REFERÊNCIAS

ESCOBAR, F. C. Plano de aula: Problemas de volume e capacidade. **Nova Escola**, [2022]. Disponível em: <https://novaescola.org.br/planos-de-aula/fundamental/8ano/matematica/problemas-de-volume-e-capacidade/1773>. Acesso em: 25 set. 2022.

SILVA, C. A. T. A resolução de problemas no cálculo de volumes. *In*: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE: produções didático-pedagógicas**. Curitiba: SEED/PR., 2011. v. 1. (Cadernos PDE). ISBN 978-85-8015-075-9.

### Atividade: O problema do copo

Neste problema experimental (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 58), o ar aparece como matéria, preenchendo um espaço que parece vazio. O objetivo é discutir a existência do ar e do espaço ocupado por ele. O aluno terá que colocar uma bola de papel no fundo de um copo e afundá-lo dentro de uma bacia contendo água, sem deixar o papel molhar.

#### Materiais necessários

- a) um copo de plástico transparente e rígido;
- b) um recipiente transparente com água com profundidade para que os copos fiquem totalmente submersos;
- c) diversas folhas de papel (sulfite ou pedaços de jornal velho);
- d) corante para tingir a água.

Figura 34 - Materiais para o problema do copo

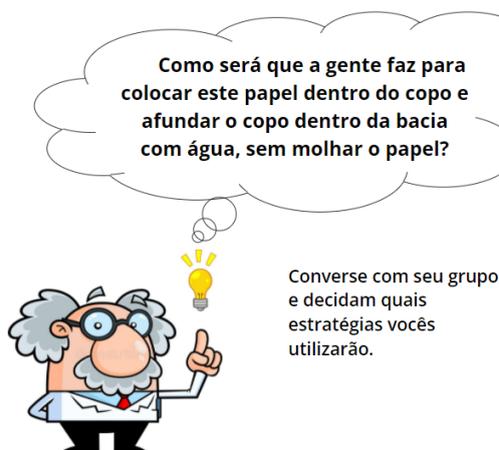


Fonte: Campos *et al.* (2012, p. 7).

#### Desenvolvimento da atividade

Com os materiais entregues aos grupos, o professor apresenta o problema (Figura 35). Em sequência, deve-se certificar que todos do grupo estão tendo a oportunidade de manipular os materiais e se entenderam o problema.

Figura 35 - Proposição do problema do barquinho



Fonte: Autora (2002) com base em Carvalho *et al.* (1998)

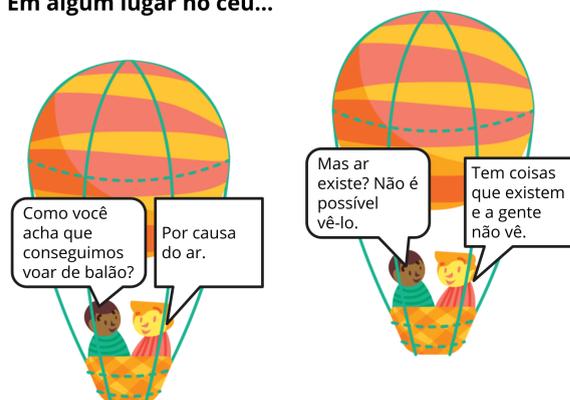
Espera-se que os grupos descubram que o copo deve ser mergulhado verticalmente e com a boca para baixo. O ar ocupará o espaço dentro do copo e assim, não deixará a água atingir o papel. Se inclinarem o copo, o ar sairá e conseqüentemente o papel será molhado (CARVALHO *et al.*, 1998, p. 58-60).

Alcançada a solução, desfeitos os grupos e reorganizados em um grande círculo os alunos devem contar como resolveram o problema e explicar o porquê acreditam que o papel não molhou quando mergulhado da maneira como fizeram.

Na busca pelas explicações causais, a provocação da argumentação pode partir das perguntas: “Como é possível provar a existência do ar, uma vez que não é possível vê-lo? Se ocupa lugar no espaço, o ar tem massa? E peso, o ar tem peso?” A situação da (Figura 36) pode dar condições para os alunos relacionarem as ideias envolvidas na atividade com o funcionamento de um balão.

Figura 36 - Imagem para atividade de sistematização e contextualização

Em algum lugar no céu...



Fonte: Disponível em:  
<https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/7ano/ciencias/atmosfera-o-ar-que-nos-cerca/1923>.

Após a discussão, deve ocorrer o registro dos alunos dos procedimentos e entendimentos sobre a atividade.

## REFERÊNCIAS

CAMPOS, B. S. *et al.* Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 1402-1-15, 2012.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ciências no ensino fundamental**: o conhecimento físico. São Paulo: Scipione, 1998.

GOMES, Ana Luiza Mendes. Plano de aula: Atmosfera - O ar que nos cerca. **Nova Escola**. [2022]. Disponível em: <https://planosdeaula.novaescola.org.br/fundamental/7ano/ciencias/atmosfera-o-ar-que-nos-cerca/1923>. Acesso em: 11 fev. 2022.