

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

JOÃO FELIPE VIANA DE ARAÚJO

**A APRESENTAÇÃO DE CONCEITOS EM UM LIVRO DE DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA INFANTIL: o caso Isaac no mundo das partículas**

Ouro Preto

2019

JOÃO FELIPE VIANA DE ARAÚJO

**A APRESENTAÇÃO DE CONCEITOS EM UM LIVRO DE DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA INFANTIL: o caso Isaac no mundo das partículas**

Monografia apresentada ao Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme da Silva Lima

Ouro Preto
2019

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A663a Araújo, João Felipe Viana de .
A apresentação de conceitos em um livro de divulgação científica infantil [manuscrito]: o caso Isaac no mundo das partículas. / João Felipe Viana de Araújo. - 2019.
59 f.: il.: tab..

Orientador: Prof. Dr. Guilherme da Silva Lima.
Monografia (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Física .

1. Ciência - Estudo e ensino. 2. Ciência. 3. Conceitos. 4. Literatura infantojuvenil. I. Lima, Guilherme da Silva. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 37:001.1

Bibliotecário(a) Responsável: Celina Brasil Luiz - CRB6 - 1589

ATA DA SESSÃO PÚBLICA PARA JULGAMENTO DA MONOGRAFIA DE JOÃO FELIPE VIANA ARAÚJO, ALUNO DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA, DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO.

Aos vinte dias do mês de dezembro de dois mil e dezenove, às 13h: 30min, na sala de **MULTIMÍDIA do INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICA – ICEB**, da Universidade Federal de Ouro Preto, reuniu-se a Comissão Julgadora, composta pelos Professores Guilherme da Silva Lima, Cassiano Rezende Pagliarini e Edson José de Carvalho para defesa da Monografia do aluno João Felipe Viana Araújo do Curso de Licenciatura em Física, intitulada “**A APRESENTAÇÃO DE CONCEITOS EM UM LIVRO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA INFANTIL**”. A sessão pública foi aberta pelo Professor Guilherme da Silva Lima, Presidente da Comissão Julgadora e orientador que após formalidades de praxe passou a palavra ao aluno para uma breve apresentação de seu trabalho para a Comissão Julgadora e para o público presente. A seguir, passou-se à arguição. Terminada a arguição, a Comissão reuniu-se em sessão secreta para elaborar o relatório individual de apreciação da Monografia e para atribuir ao aluno a nota de julgamento. De acordo com a banca o aluno foi aprovado, tendo obtido a média 10.0 (dez). Encerrada a sessão secreta, o Professor Guilherme da Silva Lima, Presidente da Comissão Julgadora, proclamou o resultado do trabalho. Nada havendo mais a tratar, foi encerrada a sessão da qual lavrou-se a presente ata que vai assinada pela Comissão Julgadora. Ouro Preto, 20 de dezembro de 2019.



Prof. Dr. Guilherme da Silva Lima.
Presidente



Prof. Dr. Cassiano Rezende Pagliarini.



Prof. Dr. Edson José de Carvalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao Universo por permitir que eu chegasse onde estou;

Agradeço aos meus pais principalmente por acreditarem que eu era capaz;

Agradeço a Elina por ser a melhor companheira que eu poderia ter nessa vida;

Agradeço a Agnes por me proporcionar doses diárias de sorrisos e alegrias;

Agradeço a Tríplice por serem os melhores amigos que eu poderia ter;

Agradeço aos amigos que fiz na Física e nos bares a caminho da UFOP;

Agradeço ao meu orientador, e a sua imensa paciência e compreensão, por sempre me motivar a continuar;

Agradeço ao Programa de Educação Tutorial – Física por todos os momentos em que agregou em minha formação como sujeito e como profissional.

Agradeço a Universidade Federal de Ouro Preto e a todos os funcionários do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas e por tudo!

RESUMO

Este trabalho trata de interpretar e analisar como são apresentados e desenvolvidos os conceitos na narrativa da obra de divulgação científica, voltada para o público infantil, da autora e pesquisadora Erika Takimoto. Temos como objetivo explicitar a necessidade de focarmos na relação cotidiana dos sujeitos para que as práticas de leitura contribuam cada vez mais para a educação científica e para a perpetuação do discurso da divulgação científica. Para tanto, foram selecionados trechos do livro *Isaac no Mundo das Partículas* onde palavras ou ideias-chave que remetiam a conceitos físicos apareciam. No campo metodológico, utilizamos a abordagem microgenética, que está relacionada a forma de conhecer atrelada aos pequenos detalhes de episódios que acontecem no decorrer do processo (GÓES, 2000), e o estudo de caso, considerando o livro como um sistema delimitado. Partindo da abordagem histórico-cultural, pesquisamos sobre a formação da consciência segundo Leontiev (1978) para entendermos como são formados e o que são os *Complexos* e os conceitos *Potenciais*, *Espontâneos* e *Científicos*. O *Conceito Científico* que é falado aqui não é o conceito científico exposto em livros didáticos. Essa categoria remete a maneira como o conhecimento é apresentado e as relações conceituais às quais ele é inserido. Foi possível perceber que o livro aborda temas já superados pela ciência para fomentar discussões em sua narrativa, rumando para a formação de um conceito mais generalista. Nem em todos os casos analisados do livro a autora conseguiu que a formação de um *Conceito Científico* ocorresse. Entendemos essa pesquisa como uma porta que se abre para estudos mais aprofundados sobre a apresentação de conceitos dentro das atividades de divulgação científica e uma motivação para melhor pensar as ferramentas utilizadas na divulgação científica.

Palavras-chave: Divulgação Científica, Educação em Ciências, Teoria Histórico-Cultural, Conceito científico, Literatura Infantil.

ABSTRACT

This paper deals with interpreting and analyzing how scientific concepts are presented and developed in the narrative of the work of scientific dissemination aimed at children, by author and researcher Erika Takimoto. We have this in order to clarify the need to focus on the daily relationship of the subjects so that reading practices contribute more and more to science education and to the perpetuation of the discourse of scientific dissemination. For this, excerpts from the book *Isaac no Mundo das Partículas* were selected where key words or ideas referring to physical concepts appeared. In the methodological field, we use the microgenetic approach, which is related to the way of knowing linked to the small details of episodes that happen during the process (GÓES, 2000), and the case study, considering the book as a delimited system. Starting from the historical-cultural approach, we researched the formation of consciousness according to Leontiev (1978) to understand how they are formed and what are the *Complexes* and the *Potential*, *Spontaneous*, and *Scientific Concepts*. The *Scientific Concept* that is spoken here is not the scientific concept exposed in textbooks. This category refers to the way knowledge is presented and the conceptual relations to which it is inserted. It was possible to realize that the book addresses themes already surpassed by science to foster discussions in its narrative, moving towards the formation of a more generalist concept. Not in all the cases analyzed in the book did the author get the formation of a Scientific Concept to occur. We understand this research as a door that opens for further studies on the presentation of concepts within the activities of scientific dissemination and a motivation to better think the tools used in scientific dissemination.

Key words: Scientific dissemination, Science Education, Children's literature, Historical-cultural theory, Scientific Concept.

ABREVIATURAS E SIGLAS

CERN – *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*

DC – Divulgação Científica

LHC – Grande Colisor de Hadrós (Large Hardron Collider)

TABELAS

Tabela 1.....32

Tabela 2.....35

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
1 A LITERATURA E A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....	11
2 O CONTEXTO DA PESQUISA.....	14
3 O QUE A PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL DIZ SOBRE A FORMAÇÃO DE CONCEITOS.....	16
4 METODOLOGIA.....	26
5 ANÁLISES.....	30
5.1 Análise descritiva da obra.....	30
5.2 Análise dos trechos.....	36
5.2.1 O conceito de vácuo.....	36
5.2.2 O conceito de partículas.....	41
5.2.3 Partículas elementares.....	47
5.2.4 Anti-partículas.....	51
6: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

INTRODUÇÃO

A vida pessoal, social e profissional dos sujeitos está em constante mudança devido a quantidade de avanços científicos que ocorrem em um curto espaço de tempo (MARTINS; PAIXÃO, 2011). Auler e Delizoicov (2001) defendem a ideia de que para que o sujeito entenda essas mudanças e compreenda o mundo, de maneira satisfatória, é necessária uma democratização do acesso aos conhecimentos científicos.

A divulgação científica é utilizada como uma forma de sanar essa necessidade. Ela nem sempre está restrita a um pequeno ambiente de veiculação e circulação, apesar de sua produção ser pensada para um público específico. Isso acaba possibilitando situações onde as produções sejam utilizadas por sujeitos que não possuem o perfil idealizado pelo divulgador (LIMA; GIORDAN, 2017).

No Brasil, as atividades de divulgação científica surgiram há aproximadamente dois séculos. Essas atividades eram realizadas principalmente em conferências públicas, museus, teatros e exposições temáticas. (MOREIRA; MASSARANI, 2002). Estudos de Martins (2004) e Gouvea (2000) mostram que uma expansão ocorreu em meados da década de 1980, quando programas de televisão e rádio, revistas especializadas, livros, sites e outros veículos de comunicação intensificaram a abordagem e comunicação de aspectos da cultura científica para o público não especializado.

Dentre os diversos modelos de divulgação científica, evidenciamos as produções textuais. Tendo como objetivo tornar os conteúdos e conhecimentos científicos acessíveis para toda a sociedade (AIRES et al., 2003; MASSARANI, 2002), não é difícil encontrar suportes de divulgação científica voltados para o público infantil como, por exemplo, a Revista Ciência Hoje das Crianças, a revista Recreio e a revista Mundo Estranho, além de tantos outros livros, blogs e sites destinados às crianças. No geral, esses textos são caracterizados como produções expositivas, informativas e argumentativas, que visam através da linguagem jornalística abordar os conhecimentos atrelados aos campos da Ciência e Tecnologia (ROSA; TERRAZZAN, 2002), porém, podemos encontrar também textos literários que realizam esse tipo de atividade.

Galvão (2006, p. 36) diz que ciência e literatura, “apesar de terem linguagens específicas e métodos próprios, ganham quando postas em interação e ganha a humanidade quando se apercebe das diferentes leituras que as duas abordagens lhe permitem fazer”. Assim,

o estudo sobre as relações existentes entre a ciência e a literatura presentes em um texto de divulgação científica começou mostrar algumas singularidades

A partir do pensamento expresso por Galvão (2006), a seguir apresentamos a *questão* orienta este trabalho: Como os conceitos de uma área de conhecimento complexa, como a Física de Partículas, são apresentados para crianças?

Tivemos como *objetivo geral*: Analisar os modelos de apresentação dos conceitos dentro do livro de divulgação científica infantil selecionado. Para além, tivemos como *objetivo específico*: caracterizar os conceitos apresentados e descrever e analisar trechos com a presença de palavras, ideias-chave ou conceitos relacionados a área da Física. Para tanto, a presente pesquisa tomou como base a obra de divulgação científica escrita pela professora e escritora Erika Takimoto, *Isaac no Mundo das Partículas*, publicado em 2018.

Vale ressaltar que, compreender as formas de apresentação dos conceitos científicos em obras de divulgação científica pode contribuir para a melhor compreensão dessa atividade comunicativa, bem como para indicar caminhos e estratégias para a produção de textos e outros suportes de divulgação científica.

Diante disto, a metodologia qualitativa de estudo de caso foi adotada para analisar um livro. O estudo de caso pode ser definido como uma investigação empírica e sistemática de um determinado fenômeno ou situação. Apresenta a pretensão de entender tal fenômeno através da lógica indutiva, podendo oferecer a possibilidade de uma confirmação de hipótese levantada pelo pesquisador (VENTURA, 2007).

As discussões teóricas presentes neste trabalho estão pautadas na perspectiva histórico-cultural, especialmente nas interpretações acerca dos Conceitos Científicos e Espontâneos e produção de sentido e significado abordados por Vygotsky (2018) e Leontiev (1978).

1 A LITERATURA E A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

A leitura é algo presente em nosso cotidiano, seja no trabalho, lazer escola ou em casa. Através dela podemos explorar novas experiências, lugares, ideias, etc. Pode ainda promover ensinamentos, informações e a cultura.

De acordo com Foucault (1994, p.5):

Ler significa ser questionado pelo mundo e consigo mesmo, significa que certas respostas podem ser encontradas na escrita, significa poder ter acesso a essa escrita, significa construir uma resposta que integra parte das novas informações ao que já se é.

Seja qual for o tipo específico de texto, o sujeito que lê é instigado a encontrar as ideias e entender as intenções que o(a) autor(a) expressa para além do texto. Com a presença de tantas potencialidades, seu uso auxilia no preparo dos sujeitos para sua inserção na sociedade desde a infância, objetivo da literatura infantil em seu início.

Paço (2009, p. 13) nos diz que:

A literatura infantil desde a origem sempre foi ligada à diversão ou ao aprendizado das crianças, acreditava-se que seu conteúdo deveria ser adequado ao nível da compreensão e interesse desse peculiar destinatário. Como a criança era vista como um adulto em miniatura, os primeiros textos infantis resultaram de adaptações ou da minimização de textos escritos para os adultos.

Diz também que as obras literárias adquiriram um novo objetivo, o de atrair o leitor/ouvinte e levá-lo a experimentar diferentes experiências que a vida pode oferecer, a nível real ou fictício (PAÇO, 2009).

O termo obra é condizente quando tratamos de literatura, não só a infantil, pois a literatura é uma maneira de representar o mundo real e o mundo imaginário de forma criativa e prazerosa, fundindo-os. Dessa maneira, é considerada como um modelo artístico. A literatura se mostra detentora de uma influência na criança que possibilita o contato dela com o mundo. Paço, (2009, p. 12) ainda complementa que literatura é o lugar “onde sonhos e realidade se incorporam, onde a realidade e a fantasia estão intimamente ligadas, fazendo a criança viajar, descobrir e atuar num mundo mágico; podendo modificar a realidade seja ela boa ou ruim”.

O desenvolvimento dos conhecimentos científicos e tecnológicos é outro ponto, para além da literatura, que tem potencial de gerar uma mudança na vida pessoal, social e profissional dos sujeitos (MARTINS; PAIXÃO, 2011). Sendo assim, atividades voltadas para

a difusão e acessibilidade de conhecimentos e conteúdos científicos para o público comum foram sendo criados. Esse modelo de atividade recebe o nome de Divulgação Científica.

A divulgação científica é um modelo de atividade que não pode ser considerado recente, característico da era da comunicação em massa. De acordo com Silva (2006, p 54), no século 18 “anfiteatros europeus enchiam-se de um público avido por conhecer novas máquinas e demonstrações de fenômenos pneumáticos, elétricos e mecânicos”. Para além das mostras e escritas científicas, como os eventos, artigos e periódicos, é sabida da existência de livros escritos por cientistas para um público considerado não-especializado ou leigo, nesta mesma época (SILVA, 2006).

Com a profissionalização da ciência moderna, em meados do século XVIII, o público considerado especializado estava sendo formado, posição que até então era inexistente. Esse início de diferenciação começou a gerar uma falsa sensação de autonomia com relação a sociedade. Para Silva, apesar da profissionalização, institucionalização e de uma autonomia relativa adquirida em relação a outras atividades sociais, econômicas e culturais,

ela se dá, e sempre se deu, dentro da sociedade [...]. Ainda que as relações entre a esfera científica e outras esferas da sociedade tenham se alterado com o passar dos séculos, ainda que variem conforme a área de conhecimento, de tecnologia e do país em questão, o fato de ela jamais ser totalmente independente, faz com que as interlocuções envolvidas em sua produção não se restrinjam exclusivamente ao campo dos especialistas (2006, p. 55-56).

Para Lima e Giordan (2020, p. 20) divulgação científica não é produzida somente pela esfera científica. Ela é o resultado de uma colaboração da esfera da cultura científica com as outras esferas de atividade humana “cujas atividades disputam motivos, propósitos, regras, agentes ferramentas culturais, dentre outros elementos”. Segundo eles:

A prática de divulgar ciência é realizada por meio de atividades (entendidas aqui como a objetivação da práxis) desenvolvidas na interação de esferas de criação ideológicas e não exclusivamente como um processo comunicativo que visa transmitir informações ou mensagens a sujeitos que não têm acesso a estas (LIMA; GIORDAN, 2020, p. 22).

Da existência de diversas esferas e da interlocução entre elas, principalmente políticas, empresariais e industriais, surgem diferentes textos no qual as características são determinadas perante as interlocuções realizadas, pois estas possibilitam diversos posicionamentos e textualizações (SILVA, 2006).

Para Reis (1982, p.77), a divulgação científica passa a ser mais do que uma simples simplificação ou tradução dos conhecimentos científicos para um público leigo e começa a

“refletir também a intensidade dos problemas sociais implícitos nessa atividade”. Sendo uma atividade com tanto potencial, não é difícil encontrar textos voltados para o público infantil.

Massarani (2007) mostra, em suas pesquisas, que as crianças tem recebido de melhor forma os conhecimentos relacionados a cultura científica do que os jovens e adultos. Dentre os veículos midiáticos que realizam esse tipo de atividade estão as revistas especializadas, como a Ciência Hoje das Crianças, Revista Recreio e a Superinteressante.

Porém, existem também obras literárias que abordam a cultura científica e realizam divulgação científica, por exemplo, as escritas por Júlio Verne, Herbert Wells, Monteiro Lobato, Ângelo Machado (ROBERTO; SILVA, 2018) e, pela autora do objeto de estudo desse trabalho, Erika Takimoto. Massarani (2005) nos diz que grande parte dos trabalhos de divulgação científica voltados para o público infantil possuem conteúdos científicos duvidosos e de baixa qualidade ou apresentados de forma inadequada. Almeida (2016, p. 3273), nessa mesma linha, diz que “na maioria das vezes, a informação científica não estimula a curiosidade, nem a interatividade de forma que as crianças possam participar do processo de aprendizado da língua das ciências”.

Tais colocações nos levaram a pesquisar sobre a apresentação de conceitos em uma obra de divulgação científica voltada para o público infantil, que tem como tema o campo da Física de Partículas, com o intuito de compreender melhor desse modelo de atividade comunicativa e possivelmente traçar novas estratégias para as produções textuais.

2 O CONTEXTO DA PESQUISA

Esse trabalho começou a tomar forma quando, ao cursar uma disciplina de minha graduação, um professor abordou a temática de livros de ficção científica e recomendou uma leitura mais frequente desse gênero de escrita. Levando em consideração que a leitura me agrada a ponto de ser entretenimento, comecei a pesquisar sobre os livros nacionais e internacionais mais lidos desse gênero. Esse levantamento aconteceu enquanto minha filha estava completando cerca de um mês de vida.

Enquanto eu continuava a buscar livros desse estilo e começava a ler os primeiros, fui direcionado para um livro de temática científica, mas com a faixa etária indicada de dois anos, intitulado *Newtonian Physics for Babies*, da coleção *Baby University*. Essa coleção foi escrita por Chris Ferrie, doutor em Física matemática, em parceria com autores especialistas das áreas de conhecimento abordadas pelos livros.

Realizei a busca de livros com temáticas voltadas para a Física que fossem parecidos com os do autor citado anteriormente, mas que fossem escritos no Brasil ou por autores brasileiros, porém essa busca não surtiu bons resultados. Por fim, adquiri quatro livros da coleção *Baby University*, encantado e curioso para saber como os livros foram escritos. Os livros abordavam as temáticas de Física Newtoniana, Relatividade, Ótica e Eletromagnetismo.

Durante o momento de compra e importação, desejava entender como os conceitos específicos de tais áreas eram abordados e expressos nesses livros para que uma criança de cerca de dois anos pudesse entender de maneira clara. Era inconcebível para mim que a minha filha, quando com essa idade, conseguisse compreender conceitos que para mim, graduando em Licenciatura em Física, se mostravam complexos e muitas vezes confusos.

Após a chegada dos livros, cerca de dois meses depois, a primeira impressão foi a de que, realmente, os livros eram voltados para bebês e crianças de cerca de 2 anos. Bordas arredondadas, páginas rígidas, cores fortes, uma visão simplista e uma abordagem pobre da cultura científica, diferentemente do que era declarado pelo livro.

Apesar de me decepcionar com a estruturação dos livros recebidos, compreendi que não poderia esperar que conceitos avançados estivessem bem consolidados em um livro para tal faixa etária. A partir disso, aconteceu a escolha de outro livro para pesquisar. Um livro ao qual já havia lido a respeito, e já se encontrava a caminho da minha casa, começou a ser cogitado.

A aquisição do livro, Isaac no mundo das Partículas, analisado neste trabalho e escrito por Erika Takimoto, aconteceu ante uma compra de livros para presentear minha filha. A temática científica e o assunto abordado me chamaram atenção, fazendo com que eu realizasse a compra. A euforia para a chegada dos livros que eu desejava trabalhar e o fato de sua autora ser brasileira também me motivaram a adquiri-lo, sem pretensão de usá-lo para além de entretenimento.

Outras características também auxiliaram na escolha do livro, como a clara referência a Isaac Newton, cientista e principal desenvolvedor das leis da Mecânica Clássica e da Gravitação Universal, considerado como um dos pilares para que a Física seja o que é hoje. Além disso, o título do livro, Isaac no Mundo das Partículas, é uma clara referência ao campo de estudo de Física de Partículas.

3 O QUE A PERSPECTIVA HISTÓRICO-CULTURAL DIZ SOBRE A FORMAÇÃO DE CONCEITOS

Para cumprir o objetivo de analisar a apresentação de conceitos científicos dentro de um livro infantil que trata sobre física de partículas, precisamos entender como a formação de um conceito acontece. Para isso faremos um breve estudo sobre o desenvolvimento da consciência a partir da Teoria da Atividade de Leontiev, e contribuições da perspectiva histórico-cultural.

A escolha desse referencial se dá a partir da premissa de que Isaac possa estar passando por um processo parecido com o que é descrito pelos teóricos aqui utilizados. O modelo da narrativa, que evolui a partir de diálogos, poderia contribuir para que esse processo pudesse ser visualizado e analisado caso, no processo de escrita, a autora conseguisse que sua consciência fosse desvincilhada da consciência dos personagens.

Sendo assim, a utilização do referencial em seu total potencial estava diretamente vinculada a possibilidade de existência de uma modelo de consciência nos personagens, o que, durante o processo de análise, não se confirmou. Logo, as colocações sobre a formação de consciência de Leontiev (1978) e as categorias elaboradas por Vygotsky (2018) foram utilizadas da maneira a qual o nosso objeto de estudo possibilitou, excluindo a possibilidade de uma troca de referencial de última hora.

Para Leontiev (1978, p. 88), “a consciência é o reflexo da realidade refratada através do prisma das significações e dos conceitos linguísticos elaborados socialmente”, ou seja, através das experiências, relações e conhecimentos partilhados, de fora para dentro, o sujeito constrói sua consciência. Assim, é possível afirmar que a consciência individual do sujeito só pode existir a partir do momento em que existe a vida social.

Leontiev diz também que “as condições sociais da existência dos sujeitos se desenvolvem por modificações qualitativas e não apenas quantitativas, o psiquismo humano, a consciência humana, transforma-se igualmente de maneira qualitativa no decurso do desenvolvimento histórico e social” (1978, p.95). Sendo assim, tomamos a consciência humana e suas estruturas como passíveis de serem modificadas.

No decorrer do desenvolvimento da humanidade, a psique se modificava quando exposta a diferentes modelos de organização social e das relações de produção entre os sujeitos. As características intrínsecas do psiquismo humano dependem dessas relações, então “uma

transformação radical das relações de produção acarreta uma transformação não menos radical da consciência humana, que se torna diferente qualitativamente” (LEONTIEV, 1978, p.97).

A relação entre consciência e a atividade para a psicologia soviética é considerada como uma relação dialética pois as particularidades do psiquismo humano e todos os reflexos psíquicos são também determinadas pelas particularidades das relações de produção e atividades entre os sujeitos, como dito anteriormente (ASBAHR, 2005).

Leontiev (1978, p. 99) discute que todo reflexo psíquico “resulta de uma relação-ação, de uma interação real entre um sujeito vivo, altamente organizado e a realidade material que o cerca. Reflexos, os quais, não podem aparecer de fora da vida ou fora da atividade realizada pelo sujeito”.

Logo, o estudo da consciência requer investigar as formas como estes produziram e produzem sua existência por meio de suas atividades, ou seja, requer estudar como a estrutura da consciência do homem se transforma com a estrutura da sua atividade e vice-versa. Para Leontiev (1978, p. 100), “o reflexo psíquico depende forçosamente da relação do sujeito com o objeto refletido”, mais especificamente o que aquele objeto representa para o sujeito.

[...] quando o animal sente necessidade de se alimentar, ele é estimulado por um agente ligado de maneira firme ao alimento; para ele, este agente reveste a virtude de um estímulo nutritivo apenas. Para o homem é absolutamente indiferente. Para o batedor de caça primitivo que espanta um animal – este é o objetivo imediato de sua ação – tem consciência do seu objetivo, isto quer dizer que este se reflete nas suas relações objetivas na sua significação (LEONTIEV, 1978, p.100).

A significação realizada passa por esse prisma até ser alocada na linguagem, alcançando uma determinada estabilidade. Pode ser descrita como aquilo que “em um objeto ou fenômeno se descobre objetivamente num sistema de ligações, interações e de relações objetivas” (LEONTIEV, 1978, p. 100).

Essas significações são a ponte entre o interno e o externo ao sujeito. Elas são produzidas pela consciência e tem o papel de mediar as relações que o sujeito tem com o mundo externo e

[...] são o reflexo da realidade elaborada historicamente pela humanidade sob a forma de conceitos, saberes ou modos de ação, independentemente da relação individual que os homens estabelecem com ela (ASBAHR, 2014, p. 268).

O processo de significação acaba se tornando independente da relação individual que os sujeitos estabelecem com os reflexos da realidade pois o sistema de significações vigente existe antes mesmo do nascimento do sujeito que está utilizando-o, cabendo a este somente

apropriar-se dele. Asbahr (2014, p. 268) explicita que “a forma como o sujeito se apropria de determinadas significações, ou mesmo se ele se apropria ou não, depende do sentido pessoal que tenha para o sujeito”.

Duarte (2004, p. 53) questiona o que fornece sentido a atividade do sujeito, ou seja, “o que conecta sua ação com o motivo dessa ação? A resposta é: são as relações sociais existentes entre ele e o restante do grupo ou, em outras palavras, é o conjunto da atividade social”.

Em complemento, Asbahr (2014) diz que segundo Leontiev:

O sentido é criado pela relação objetiva entre aquilo que provoca a ação no sujeito (motivo da atividade) e aquilo para o qual sua ação se orienta como resultado imediato (fim da ação). O sentido pessoal traduz a relação do motivo com o fim (p. 268).

Essa variação, de existência ou não de sentido pessoal na atividade, gera uma variação no processo de significação que acontece a partir da linguagem. Essa linguagem com a qual o sujeito está em contato é fator chave no processo de assimilação dos conceitos, os quais, a partir desse momento, começam a existir na esfera do pensamento. Para Vygotsky (2018), o pensamento e a linguagem têm uma estreita relação com a consciência, mesmo sabendo que ambos têm raízes inteiramente diferentes.

A relação entre o pensamento e a linguagem começa na infância, quando a criança entende que cada objeto tem seu devido nome. Conforme desenvolve, o sujeito necessita saber qual o nome atribuído a cada coisa. Isso acontece devido a função simbólica atribuída a linguagem. Para além, existe ainda o processo de aumento de vocabulário. Nesse momento a fala se interioriza, tornando-se intelectual, e o pensamento começa a ser verbalizado.

Os atos de desejar saber qual é o nome atribuído aos novos e velhos objetos que se encontram em contato com a criança determinam um dos momentos em que a linguagem e o pensamento se cruzam. É o momento onde o sujeito se encontra no limiar de iniciar a busca pelos signos dos objetos reais. Momento de internalização da estrutura “palavra-objeto”.

O significado da palavra, abordado por Vygotsky (2018), é um tópico que geralmente fica em segundo plano em relação aos os conceitos de signo e linguagem em suas obras, porém de grande importância. Essa importância se dá pelo fato de a unidade fundamental de análise do pensamento e da linguagem estar contida no significado da palavra.

Vygotsky se contrapôs a duas tendências metodológicas. Uma que omitia o material sensível do processo de formação de conceitos; e outra que se restringia somente ao material sensível, omitindo a participação da palavra nesse processo (GÓES; CRUZ, 2006). Segundo

Vygotsky (1993a, p.178 apud GÓES; CRUZ, 2006, p. 33), “somente sobre a base do emprego da palavra surge a singular estrutura de significação que podemos chamar de conceito genuíno”.

Vygotsky (2018) explica que

Separado da ideia, o som perderia todas as propriedades específicas que o tornaram som apenas da fala humana e o destacaram de todo o reino restante de sons existentes na natureza. Por isso, nesse som desprovido de sentido passaram a ecoar apenas as propriedades físicas e psicológicas, ou seja, aquilo que não lhe é específico e é comum a todos os demais sons existentes na natureza. [...] De igual maneira, o significado, isolado do aspecto sonoro da palavra, transformar-se-ia em uma mera representação, em um ato puro de pensamento, que passaria a ser estudado separadamente como conceito que se desenvolve e vive independentemente do seu veículo material (p.7)

Para Vygotsky (2018),

o significado da palavra só é um fenômeno de pensamento na medida em que o pensamento esteja relacionado à palavra e nela materializado, e vice-versa, ou seja, é um fenômeno de discurso apenas na medida em que o discurso esteja vinculado ao pensamento e focalizado por sua luz. É um fenômeno do pensamento discursivo ou da palavra consciente, é a unidade da palavra com pensamento (p. 398).

Além disso, Vygotsky (2018) diz que qualquer palavra é uma maneira única de representar a realidade na consciência, ou seja, uma generalização. Embora o significado da palavra seja sempre uma generalização, ela não é imutável. Ela é suscetível a mudança, que ocorrem constantemente, à medida que o sujeito se depara com novas situações de utilização da palavra. As modificações que ocorrem nos processos intelectuais de abstração e de generalização geram uma mudança nos significados internalizados.

Góes (2006) diz que

Nos usos que faz da palavra, em situações comunicativas, uma criança consegue obter um resultado bastante próximo ao dos adultos, mas as operações intelectuais que são utilizadas no processo são distintas. Mesmo que as pautas de generalização e de transformação do significado sejam apresentadas a essas crianças por aqueles que os cercam, elas irão elaborar segundo seu modo de pensar, pois ainda não são capazes de assimilar prontamente os modos de pensar dos adultos (p.34)

Para compreender o processo de significação, generalização e transformações dos significados das palavras quando realizados por crianças, Vygotsky (2018) elabora o *Pensamento por Complexos* e os *Conceitos Potenciais*. O *Pensamento por Complexos* é considerado a base de uma generalização, ao unificar sobre palavras impressões dispersas.

As ligações entre os objetos agrupados em um complexo são concretas e factuais, produzidas pela experiência direta da criança com o mundo social, diferentemente dos conceitos

verdadeiros, onde a relação é abstrata e lógica (VYGOTSKY, 2018). Dias et al (2014, p. 496) delimita que a principal diferença entre um complexo e um conceito é que, enquanto o conceito ajunta elementos com atributos em comum, os complexos podem agrupar diversos elementos quantos for possível relacionar.

Durante sua pesquisa, Vygotsky (2018, p. 181) observou “cinco fases básicas de sistema complexo, que fundamentam as generalizações que aí surgem no pensamento da criança”. Dias et al (2014) descreve sucintamente essas cinco fases de um sistema complexo em sua pesquisa.

A primeira delas é o *complexo associativo*, onde Dias et al (2014, p. 496) diz que “uma peça da amostra é agrupada com outra de acordo com algum elemento comum ou similar, como a cor, altura ou forma” e não necessariamente necessitam estar interligados uns com os outros. Vygotsky (2018) diz que o único princípio de sua generalização é a sua semelhança factual com o núcleo básico do complexo.

Vygotsky (2018, p.183) fala que o pensamento por complexos em seu segundo tipo “consiste em combinar objetos e impressões concretas das coisas em grupos especiais que, estruturalmente, lembram o que costumamos chamar de *coleções*”. A criança cria agrupamentos de maneira a não colocar dois objetos semelhantes, reunindo exemplares únicos para representarem o grupo. Ao invés de uma associação por semelhanças, temos uma associação por contrastes.

Vygotsky (2018) também discute sobre o complexo em cadeia. Dias et al (2014, p. 469) expressa que ele “se baseia na transmissão de um significado de um elemento para outro, gerando uma corrente em que um elemento se ligará a outro com características semelhantes”. Por exemplo, em um experimento onde uma criança é exposta a um objeto e precisa coletar outros,

caso a amostra experimental seja um triângulo amarelo, ela pode começar a coletar algumas figuras triangulares até que sua atenção seja atraída pela cor azul de uma figura que tenha acabado de acrescentar ao conjunto; passa, então, a selecionar figuras azuis, por exemplo, semicirculares, circulares, etc. (VYGOTSKY, 2018, p. 185)

Dias et al (2014, p. 496) mostra que a quarta fase, chamada de *complexo difuso*, é marcada “pela maleabilidade da própria característica que liga seus elementos. O grupo de objetos ou imagens concretas se formam por meio de ligações não muito claras e difusas, originando um tipo de desordem”. Para completar, há o último tipo de complexo.

A quinta fase é denominada de pseudoconceito. Para Vygotsky (2018, p.190), a generalização formada na mente da criança no pseudoconceito, “embora fenotipicamente semelhante ao conceito empregado pelos adultos em sua atividade intelectual, é muito diferente do conceito propriamente dito pela essência e pela natureza psicológica.”

Pensando no exemplo utilizado anteriormente, caso a criança escolha para uma determinada amostra, que no caso também é um triângulo amarelo,

todos os triângulos existentes no material, esse grupo poderia surgir com base no pensamento abstrato, baseando-se no conceito ou ideia de triângulo. A análise experimental realizada mostra, porém, que a criança combinou os objetos com base nos seus vínculos diretos factuais e concretos, numa associação simples. (VYGOTSKY, 2018, p.191)

Desse modo, a criança percorreu caminhos diferentes para chegar ao mesmo resultado. Percorrer caminhos diferentes não rotula o processo como incorreto, entretanto não é possível colocá-los como idênticos. Logo, é observável que o pensamento por complexos possui a característica de possuir um baixo nível de abstração e um excesso de ligações. Sua importância está na possibilidade de unir e relacionar elementos entre si, aglomerando diversas características indefinidas, de modo que auxilie no processo de criação de novas generalizações (DIAS et al, 2014). Para que se fale em conceito, além da generalização, é necessário que se fale em abstração.

Góes e Cruz estabelecem que

os conceitos potenciais encontram-se na origem da abstração, uma vez que, neste caso a criança passa a reunir os objetos com base em um único atributo, mais estável e que não se perde facilmente entre outros. É o domínio da abstração, em conjunto com o pensamento por complexos, que permite à criança desenvolver-se em direção aos conceitos verdadeiros (2006, p. 34).

Para Vygotsky (2018, p. 223) os *Conceitos Potenciais* são uma “formação pré-intelectual que surge cedo demais na história da evolução do pensamento. Não pode ser se não uma ação do hábito. Eles são conceitos dentro de uma possibilidade e ainda não realizaram essa possibilidade”.

Vygotsky expõe também que

as próprias diferenças entre o complexo e o conceito residem, antes de tudo, em que uma generalização é o resultado de um emprego funcional da palavra, enquanto outra surge como resultado de uma aplicação inteiramente diversa dessa mesma palavra. A palavra é um signo. Esse signo pode ser usado e aplicado de diferentes maneiras. Pode servir como meio para diferentes operações intelectuais, e são precisamente essas operações, realizadas por intermédio da palavra, que levam à distinção fundamental entre complexo e conceito. (2018, p.227).

Os complexos são uma soma de certos vínculos associativos formados pela memória; um hábito mental. Vygotsky (2018, p. 246) entende que os conceitos são mais que isso. Eles são “um ato real e complexo de pensamento que não pode ser aprendido por meio de simples memorização, só podendo ser realizado quando o próprio desenvolvimento mental da criança já houver atingido o seu nível mais elevado.

As investigações do autor mostram que o conceito é um ato de generalização, porém o significado das palavras relacionadas a essa generalização evoluem e se modificam (DIAS et al, 2014). Quando uma criança aprende uma palavra nova, atrelada a um significado, em seu início ela é uma generalização que remete a noções básicas que, à medida que a criança se desenvolve, é substituída por generalizações de um grau cada vez mais elevado, até atingir o ápice do processo na formação dos conceitos.

A partir do momento que a criança entra em contato, pela primeira vez, com o significado de uma nova palavra, o processo de desenvolvimento dos conceitos apenas começou. Vygotsky reafirma esse posicionamento a partir das obras de Tolstói, dizendo que

O caminho entre o primeiro momento em que a criança trava conhecimento com o novo conceito e o momento em que a palavra e o conceito se tornam propriedade da criança é um complexo processo psicológico interior que envolve a compreensão da nova palavra que se desenvolve gradualmente a partir de uma noção vaga, a sua aplicação propriamente dita pela criança e sua efetiva assimilação apenas como ela conclusivo (VYGOTSKY, 2018, p. 250).

Tolstói, entretanto, falava sobre conceitos em relação ao ensino da linguagem literária a crianças, assumindo que não somente nos meios formais de ensino, como nas escolas, se era possível ensinar os conceitos para as crianças (VYGOTSKY, 2018). Para Vygotsky (2018, p.251), ele tinha em vista a relação entre os conceitos assimilados pela criança no sistema de conhecimentos científicos e conceitos “aqueles que Tolstói tem em vista e que, por se originarem da experiência vital direta da criança, poderiam ser convencionalmente designados conceitos espontâneos”.

Sendo assim, Vygotsky (2018) diz que

Cabe demonstrar que os conceitos científicos não se desenvolvem exatamente como os espontâneos, que o curso do seu desenvolvimento não repete as vias de desenvolvimento dos conceitos espontâneos. A investigação experimental, que é uma experiência de verificação fatural de nossa hipótese de trabalho, visa a confirmar de fato essa tese e a elucidar exatamente em que consiste as diferenças existentes entre esses dois processos (VIGOTSKI, 2018, p. 252).

Para os conceitos espontâneos, Vygotsky (2018) se apoia nos trabalhos de Piaget, que mostram uma dicotomização do grupo das representações e conceitos infantis, e realiza algumas correções. Os conceitos infantis se subdividem como conceitos espontâneos e não-espontâneos, onde os conceitos científicos são englobados ao segundo grupo devido a sua característica de desenvolvimento processual e não espontânea.

Apesar de serem formados por elementos diferentes, ambos os grupos apresentam características comuns. Vygotsky (2018) apresenta cinco dessas características que foram elencadas por Piaget, sendo elas:

- 1) ambos revelam resistência à sugestão; 2) ambos têm raízes profundas no pensamento da criança; 3) ambos revelam certa identidade entre as crianças de mesma idade; 4) ambos permanecem por diversos anos na consciência da criança até, gradualmente, darem lugar a novos conceito; 5) ambos se manifestam na primeira resposta correta das crianças (2018, p.253).

Para além, Vygotsky expressa algumas discordâncias para com o raciocínio utilizado por Piaget. A primeira discordância aparece quando Piaget vincula somente ao conceito espontâneo a tese de que a criança, ao assimilar um conceito, o reelabora e nesse processo faz com esses conceitos tenham determinadas características e peculiaridades específicas do seu próprio pensamento.

Em decorrência do primeiro equívoco, uma vez que legitimado que os conceitos não espontâneos da criança não refletem as peculiaridades do pensamento infantil como ele é, nos é imposto um limite intransponível entre os conceitos espontâneos e os não-espontâneos. Por esse motivo, ele vê dois processos particulares constituindo o desenvolvimento dos conceitos.

Sua última discordância é decorrente das anteriores. Uma das teses básicas de Piaget é o reconhecimento de que a essência do desenvolvimento intelectual da criança está na socialização progressiva do pensamento infantil, porém o processo mais usual de formação de conceitos não espontâneos é a aprendizagem escolar, logo, ocorre a desvinculação do processo interior de desenvolvimento intelectual da criança do processo de socialização manifestado na aprendizagem (VYGOTSKY, 2018).

Por um lado, o conhecimento do processo de desenvolvimento interior do pensamento infantil carece de qualquer significado para explicar a sua socialização no curso da aprendizagem; por outro, a socialização do pensamento da criança, que ocupa o primeiro plano no processo de aprendizagem, de modo algum está vinculada ao desenvolvimento interior das noções e conceitos infantis (VYGOTSKY, 2018, p.256).

É dito que essa seria a contradição que forma o elo mais fraco em toda teoria de Piaget e por isso uma pesquisa e, logo após, uma contra argumentação e a apresentação de hipóteses sobre os equívocos ocorre.

Vygotsky diz também que

o limite que separa ambos os conceitos se mostram sumamente fluído e, no curso real do desenvolvimento, pode passar infinitas vezes para ambos os lados. O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos – cabe pressupor – são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro. [...] independente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se do desenvolvimento único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas, mas continua indiviso por sua natureza (2018, p. 261).

Quando aborda a terceira discordância com as elaborações de Piaget, Vygotsky (2018) diz que a aprendizagem escolar é um fator decisivo para o desenvolvimento intelectual dos estudantes. A aprendizagem se mostra um processo de estudo notável, como uma das principais fontes e uma considerável força condutora do processo de desenvolvimento dos conceitos infantis.

A partir dessas reflexões, Vygotsky (2018) elabora as categorias chamadas de *Conceitos Espontâneos* e *Conceitos Científicos*. Schroeder (2007) realiza uma leitura das obras de Vygotsky e diz que

os *Conceitos Espontâneos* são desenvolvidos naturalmente pela criança a partir de suas experiências cotidianas. Eles são construídos fora do contexto escolar formal e em termos de propriedades perceptivas, funcionais ou contextuais do seu referente, não sendo organizados em um conjunto de relações consistentes e sistemáticas (p. 306).

O *Conceito Espontâneo* ainda não pode ser considerado como um conceito conscientizado. Para que essa conscientização ocorra é necessário um sistema conceitual fundamentado em relações recíprocas de generalidade, tornando-os arbitrários (SCHOROEDER, 2007).

Ao contrário do *Conceito Espontâneo*, a formação do *Conceito Científico* tem início nas atividades estruturadas do processo de ensino. A existência de um professor nesse processo auxilia na atribuição de abstrações mais formais e conceitos mais bem definidos do que os construídos espontaneamente, amplamente utilizados no cotidiano (SCHOROEDER, 2007).

Para Schroeder (2007, p. 307), “os *Conceitos Científicos*, formulados e transmitidos culturalmente, são formados por teorias a respeito dos objetos e dos sistemas relacionais que

estabelecem entre si, ou seja, constituem os sistemas que mediatizam a ação humana sobre as coisas e os fenômenos.”

Vygotsky (2018) apresenta a ideia de que os conceitos científicos têm uma relação com o objeto mediado desde o seu princípio com algum outro conceito. Para entender os conceitos, precisamos entender que “a apreensão de um sistema de conhecimentos científicos pressupõe um tecido conceitual já amplamente elaborado e desenvolvido por meio da atividade espontânea do pensamento infantil” (VYGOTSKY, 2018a, p. 269). Outra característica importante dos conceitos científicos é a de formação a partir de procedimentos analíticos e não pela relação com a esfera intuitiva.

Sendo assim, os conceitos espontâneos, intimamente ligados a esfera intuitiva e aos objetos concretos do mundo, formam o alicerce para que os conceitos científicos que ao começarem a serem compreendidos, iniciem um processo de transformação dos conceitos existentes, tornando-os conceitos com níveis de compreensão e generalização mais elevados (SCHOROEDER, 2001).

4 METODOLOGIA

Para que as reflexões presentes nesse trabalho ocorressem, optou-se por uma abordagem qualitativa de pesquisa, pois a pesquisa qualitativa é bem definida por ter um ambiente de pesquisa natural do qual resultam os dados, de caráter descritivo, analisados (LÜDKE & ANDRÉ, 1986; MINAYO, 1995). Além disso,

a pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado, ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. (MINAYO, 1995, p.21-22).

A pesquisa se consolidou através da metodologia de estudo de caso. Segundo Ventura (2007):

Descrever e caracterizar estudos de caso não é uma tarefa fácil, pois eles são usados de modos diferentes, com abordagens quantitativas e qualitativas, não só na prática educacional, mas também como modalidade de pesquisa, com aplicação em muitos campos do conhecimento, principalmente na Medicina, Psicologia e em outras áreas da saúde, e também nas áreas tecnológicas, humanas e sociais, entre outras (2007, p. 383).

Além disso, argumenta que:

Os estudos de caso pretendem retratar o idiossincrático e o particular como legítimos em si mesmo. Tal tipo de investigação toma como base o desenvolvimento de um conhecimento ideográfico, isto é, que enfatiza a compreensão dos eventos particulares (casos). O “caso” é assim um “sistema delimitado”, algo como uma instituição, um currículo, um grupo, uma pessoa, cada qual tratado como uma entidade única, singular (2007, p. 383).

O estudo de caso foi utilizado pois o livro é considerado como um sistema, estritamente delimitado.

Os dados foram coletados diretamente do objeto de estudo, o livro Isaac no Mundo das Partículas. Para tanto, durante a primeira leitura do livro foram selecionadas e marcadas palavras-chave e ideias-chave (quando não há utilização da terminologia do conceito, mas a significação é expressa na narrativa), que correspondiam a conceitos científicos do campo da Física. Em seguida, foi realizada a leitura dos trechos em que os conceitos (palavras-chave e ideias-chave) foram selecionados e os fragmentos que estabeleciam o início (parcial) e finalização (parcial) do tema (palavra ou ideia-chave) abordado foram destacados para a análise. Abaixo apresentamos um exemplo de como foi feito:

Isaac, um menino guiado pela curiosidade, e Argo, um grão de areia com características antropomórficas, conseguem viajar pelo tempo através da imaginação. Dessa maneira foi possível que um encontro entre eles e Aristóteles acontecesse para que pudessem conversar com ele.

1. - Seu Aristóteles... bem, meu nome é Argo e esse é Isaac, meu amigo. Nós viemos de muito longe para encontrar com vocês aqui. Então, seu Aristóteles, Isaac quer saber se o senhor concorda com Leucipo e Demócrito de que todas as coisas no mundo são feitas de partículas muito pequenas chamadas de átomos.
2. Foi quando ele disse se virando pra Isaac:
3. - Eu não concordo com eles não. Se o que eles estão falando é verdade, qual seria a forma desses átomos?
4. Aristóteles estendeu a mão para que Argo subisse nela. Argo, todo serelepe, *rapidin* pulou para a palma do homem que ele sabia que seria lembrado para sempre na história do conhecimento.
5. - Seriam todos redondos tipo o Argo – indagou Aristóteles, fazendo cosquinha no grãozinho, que já estava rindo à toa.
6. - Eu acho que sim, né? Ou algo parecido – respondeu Isaac, pensativo.
7. - E entre eles haveria o que? Digo isso por que mesmo quando o Argo está junto de seus irmãos e de suas irmãs há um espaço bem pequenininho entre eles, não? O que tem nesse espaço?
8. - Ué, tem ar, né? – arriscou Argo – Se não a gente morre sem respirar.
9. - Justamente, Argo. Mas, e entre os átomos? Se até o ar. Como eles dizem, é feito de átomos, e entre os átomos? Não haveria nada – perguntou o homem barbudo.
10. - É. Acho que nada. – disse Isaac enquanto refletia.
11. - Nada, nada mesmo? – insistiu Aristóteles.
12. - Não pode! – gritou Argo. – E como os átomos respiram? Eles também precisam de ar, não é, seu Aristóteles?
13. - Sem dúvida, Argo. No mais, o que é o nada? De que ele seria feito? Se não conseguimos pensar no nada, como afirmar sua existência?
14. Isaac estava atordoado. Caramba, essa foi difícil. Nunca havia parado para pensar no nada. Desde quando o nada é feito de alguma coisa?
15. - Olhe para sua volta, Isaac – continuou Aristóteles. – Veja se minha teoria não faz mais sentido. Todas as coisas são compostas da mistura de somente quatro elementos: terra, água, fogo e ar. A terra é sólida, o ar é gasoso, a água é líquida, e as labaredas são formadas de fogo. Há objetos que possuem mais ar do que terra, há outros que possuem mais água do que ar, há objetos feitos praticamente só de ar... [...] (TAKIMOTO, 2017, p. 25)

A partir dessa marcação inicial optamos por selecionar os trechos onde conceitos físicos, em forma de ideias ou palavras chaves, apareciam. Conceitos de outras áreas do conhecimento foram catalogados, mas não analisados.

O trecho onde a interação entre Aristóteles, Isaac e Argo, expresso acima foi utilizado nas análises. Nele está presente a ideia-chave do conceito de Vácuo. Assim, delimitamos o início parcial onde a ideia-chave começa a ser trabalhada, de maneira que o recorte não faça diferença no processo que está sendo realizado pela autora.

Até determinado momento do trecho o debate gira em torno do formato do átomo, mas quando uma pergunta sobre a existência de espaços entre um conjunto de átomos aparece, a discussão se torna sobre o que poderia ocupar, ou não, aquele espaço. Esse foi denominado como início parcial do trecho que contém a ideia-chave. O trecho finaliza quando o assunto diferencia da palavra ou ideia-chave que estava sendo trabalhada. Quando a conversa toma rumo sobre a constituição material aristotélica, divergindo da ideia de Vácuo, encontramos o final parcial do trecho. Mostramos a seguir como fica o trecho depois do recorte:

16. - E entre eles haveria o que? Digo isso por que mesmo quando o Argo está junto de seus irmãos e de suas irmãs há um espaço bem pequenininho entre eles, não? O que tem nesse espaço?
17. - Ué, tem ar, né? – arriscou Argo – Se não a gente morre sem respirar.
18. - **Justamente, Argo. Mas, e entre os átomos? Se até o ar. Como eles dizem, é feito de átomos, e entre os átomos? Não haveria nada – perguntou o homem barbudo.**
19. - É. Acho que nada. – disse Isaac enquanto refletia.
20. - Nada, nada mesmo? – insistiu Aristóteles.
21. - Não pode! – gritou Argo. – E como os átomos respiram? Eles também precisam de ar, não é, seu Aristóteles?
22. - Sem dúvida, Argo. No mais, o que é o nada? De que ele seria feito? Se não conseguimos pensar no nada, como afirmar sua existência?
23. Isaac estava atordoado. Caramba, essa foi difícil. Nunca havia parado para pensar no nada. Desde quando o nada é feito de alguma coisa? (TAKIMOTO, 2017, p. 25)

O grifo, feito por nós, demonstra o trecho onde a ideia-chave foi encontrada e sua relação posteriormente analisada. A análise desses trechos se deu a partir da abordagem de Análise Microgenética. Segundo Góes, (2000), a abordagem microgenética

Está numa forma de conhecer que é orientada para minúcias, detalhes e ocorrências residuais, como indícios, pistas, signos de aspectos relevantes de um processo em curso; que elege episódios típicos ou atípicos (não apenas

situações prototípicas) que permitem interpretar o fenômeno de interesse; que é centrada na intersubjetividade e no funcionamento enunciativo-discursivo; e que se guia por uma visão indicial e interpretativo-conjectural (GÓES, 2000, p.21)

Esse modelo de análise utiliza a terminologia *micro*, mas ela não se refere à curta duração de eventos. Góes explica que essa terminologia é usada pois é

orientada para minúcias indiciais, o que faz surgirem os recortes num tempo que tende a ser restrito. Ela é *genética* em referência a historicidade, por priorizar o movimento durante o processo e relacionar as condições passadas com as presentes, tentando observar e examinar aquilo que, no presente, está repleto de projeções futuras (2000, p. 22).

5 ANÁLISES

Parte dessa pesquisa foi fundamentada a partir das análises dos dados obtidos. Tais dados foram adquiridos através da leitura do objeto de estudo e da seleção de trechos dos diálogos em que ideias e ou palavras-chave que remetiam a conceitos científicos das áreas da Física foram sendo citados.

Dessa maneira focamos nos trechos a serem analisados de maneira que consideramos o personagem principal, sem sombra de dúvidas, como uma criança, independentemente da classificação adequada da formalização dos conceitos utilizados por Vygotsky (2018) ou da ideia e a maneira como ela foi desenvolvida na história da humanidade. Fizemos essa observação pois o objetivo da autora não era o de retratar uma criança ou o de trabalhar a história da Física de Partículas fidedignamente, mas o de realizar um trabalho de divulgação dessa área do conhecimento.

Outro ponto que merece ser discutido é o da maneira a qual os conceitos apresentados foram sendo trabalhados. Nos momentos em que a autora apresenta os conceitos, alguns artifícios foram utilizados para criar uma continuidade na narrativa que estava sendo estabelecida por ela. Ao utilizar a imaginação de Argo para guiar Isaac nas aventuras, por exemplo, o número de possibilidades para o desenvolvimento da história aumenta consideravelmente, acarretando em viagens espaço-temporais e encontros impossíveis de terem sido realizados. Outra ferramenta muito utilizada foram as figuras de linguagem, dentre elas as analogias.

5.1 Análise descritiva da obra

Isaac é uma criança muito reflexiva e interessada em assuntos diversos, que acaba sendo guiada por Argo em diversas aventuras imaginárias numa tentativa de sanar uma de suas dúvidas: “Será que existe algo no universo menor que esse pequetito grãozinho [de areia]?” (TAKIMOTO, 2017, P. 10). Ao levar o grão de areia para casa descobre que ele tem características antropomórficas e se chama Argo. Outros personagens aparecem na história, sendo eles Leucipo, Demócrito, Aristóteles e Bóson de Higgs[personagem]. Através da imaginação de Argo, esses personagens são inseridos na narrativa numa tentativa de que Isaac chegue a uma resposta para a pergunta que o incomoda.

A aventura começa após o primeiro diálogo de Isaac e Argo, quando Argo diz que pode ajudar com a conseguir as respostas se Isaac se juntar a ele na aventura supracitada. Eles visitam diversos lugares e momentos históricos no decorrer desta aventura. Durante a viagem imaginária conduzida por Argo, Isaac é guiado a encontros com figuras historicamente importantes como Leucipo, Demócrito e Aristóteles, na Grécia antiga, e com o Bóson de Higgs [personagem], no *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN).

O primeiro encontro de Isaac e Argo acontece com Leucipo e Demócrito. Isaac e Argo entram em uma caixa que, através da imaginação, se transforma em um foguete com capacidade de viagem espaço-temporal. Para que esse encontro acontecesse, viajaram para a Grécia Antiga nas proximidades do ano 400 a.c.

Ao escutarem o diálogo que acontece entre Leucipo e Demócrito, percebem que eles discutiam sobre a possibilidade de tudo que existe ser composto por minúsculas partículas chamadas de átomos e que as colisões e junções de diferentes átomos formam tudo o que era conhecido. Logo após esse momento, Aristóteles os chama para conversa e as primeiras palavras, ideias-chave e conceitos vão surgindo na narrativa.

Todos os personagens são inseridos na história através da imaginação de Argo. Isso pode ser notado quando a conversa com Aristóteles acontece alguns metros de onde Leucipo e Demócrito estão conversando. Quando as datas nas quais os filósofos estavam vivos são colocadas em comparação, não apresentam uma interseção, impossibilitando que estivessem todos simultaneamente vivos. Aristóteles (384 a.c. – 322 a.c.) nasceu cerca de quatorze anos antes do falecimento de Leucipo (xxx a.c. – 370 a.c.) e Demócrito (460 a.c. – 370 a.c.). Esse encontro corrobora com a argumentação de que a autora não tinha como objetivo o de trabalhar a história da atomística.

Nesse trecho, o conceito de vácuo começa a ser trabalhado. Além dele, são trabalhados outros vinte e três conceitos físicos a partir de palavras ou ideias-chave. Quando contamos os conceitos que são somente citados durante o desenvolvimento da narrativa, esse número aumenta consideravelmente. O número de ideias e palavras-chave que remetem a conceitos demanda uma quantidade de conhecimento prévio dos leitores que, provavelmente, uma criança de seis anos de idade, faixa etária mínima recomendada pela autora, não possui.

Conceitos elementares, como átomos e partículas, são utilizados com frequência no começo do livro, mas ao decorrer da narrativa a complexidade aumenta gradativamente e conceitos mais elaborados, como Campo de Higgs e a Teoria da Relatividade, são apresentados. Para o intuito do livro, que é o de divulgar a Física de Partículas, existe uma coerência na

utilização e discussão realizada sobre esses conceitos. Eles são fundamentais para que um panorama geral da área de estudo seja formulado e difundido, apesar de, em alguns momentos, o modelo de apresentação do conceito pudesse ser trabalhado de maneira mais eficaz.

Podemos dizer que em alguns momentos existe um uso indiscriminado das palavras e conceitos. Eles são usados como se não houvesse a necessidade de alguma explicação ou de introdução sobre eles. Isso acaba afetando a experiência do leitor, caso ele não apresente um contato anterior com o conceito.

Como forma de organizar o trabalho, os conceitos relacionados a Física apresentados no livro estão dispostos na tabela a seguir, em ordem temporal. Os conceitos escritos de maneira normal, sem realce, são somente citados, não apresentando qualquer tipo de aprofundamento específico. Isso acontece devido ao conceito já ter sido discutido anteriormente ou de não ser o foco da discussão que é realizada. Em alguns momentos o conceito aparece de forma repentina e desaparece tão rapidamente quanto, somente para dar suporte à formação dos conceitos ainda a serem apresentados.

Os conceitos realçados em negrito são apresentados no livro e algum tipo de discussão sobre eles acontece. Esses são os vinte e três conceitos que são trabalhados dentro do livro. Para além, estão indicados com asterisco os conceitos que são apresentados no livro, entretanto o personagem não sintetiza ou usa a terminologia convencional usada pelo conhecimento científico. Por exemplo, Bóson [personagem] explica a densidade superficial, sem usar o termo “densidade superficial”

Tabela 1: Conceitos presentes no livro Isaac no Mundo das Partículas

Página	Conceito		
10	Partículas (1)	33	Frequência (1)
19	Átomos (1)	35	Pressão (1)
25	Vácuo (1)	35	Temperatura (1)
28	Cosmo (1)	37	Aceleração (1)
31	Partículas (2)	37	Distância (1)
32	Ligações Atômicas (1)	39	Partículas (3)
		39	Quarks (1)

40	Colisões (1)
41	Velocidade (1)
41	Matéria (1)
41	Energia (1)
41	Partículas Elementares (1)
42	Partículas (4)
43	Partículas (5)
43	Prótons (1)
43	Elétrons (1)
43	Energia (2)
44	Lei de Faraday* (1)
44	Átomos (2)
44	Estrutura Atômica (1)
44	Núcleo Atômico (1)
44	Partículas elementares (2)
44	Partículas (6)
44	Prótons (2)
44	Elétrons (2)
44	Nêutrons (1)
44	Partículas Elementares (3)
44	Partículas Mediadoras (1)
44	Quarks (2)

44	Léptons (1)
47	Volume (1)
47/48	Densidade superficial* (1)
49	Estrutura Atômica (2)
49	Produção de Pares (2)
49	Partículas elementares* (4)
51	Velocidade (2)
51	Aceleração (1)
51	Partículas (7)
51	Luz (1)
51	Interação Luz-Partículas (1)
51	Interação luz-matéria (1)
52	Refração* (1)
52	Dualidade Onda-partícula (1)
52	Onda (1)
52	Vácuo (Demócrito) (2)
52	Energia (3)
52	Campo eletromagnético (1)
52	Campo Gravitacional (1)
53	Vácuo (3)
53	Partículas (8)
53	Anti-partículas (1)

53	Cargas Elétricas (1)
54	Produção de pares (3)
54	Constância de cargas (1)
54	Energia (4)
54	Vácuo (4)
56	Calor (1)
56	Vácuo (5)
57	Massa (1)
57	Átomos (3)
57	Quarks (3)
57	Prótons (3)
57	Elétrons (3)
57	Nêutrons (2)
57	Produção de Pares (4)
57	Velocidade da Luz (1)

57	Teoria da Relatividade (1)
60	Velocidade do Som (1)
60	Fótons (1)
60	Massa (2)
60	Velocidade da Luz (2)
60	Matéria (2)
60	Quarks (4)
60	Elétrons (4)
60	Modelo Padrão (1)
61	Bóson de Higgs (1)
61	Partículas (9)
61	Campo de Higgs (1)
61	Energia (5)
61	Massa (3)

Assim como dito anteriormente existe uma quantidade enorme de conceitos, relacionados a Física, sendo utilizados na narrativa da obra analisada. Alguns desses, como o conceito de Partículas, foram colocados de uma determinada maneira que demanda que o leitor já tenha compreensão, ao menos rasa, do que ele significa, pois, sua conceituação não acontece. Quando pensamos em adultos lendo a obra, o questionamento levantado anteriormente se torna razoável, porém atribuir essa demanda a crianças de cerca de 6 anos, ainda em processo de letramento, é algo passível de reflexão.

Quando falamos de conceitos mais elementares isso pode passar despercebido, mas ao trabalhar com conceitos mais complexos a utilização de algumas ferramentas para elucidar e contextualizar podem se tornar extremamente valiosas. As figuras de linguagem, por exemplo,

foram muito utilizadas para que a compreensão do leitor fosse potencializada, porém os conceitos mais complexos foram apresentados de maneira pouco ou não contextualizada.

O campo da Física de Partículas ainda está em desenvolvimento e suas relações diretas com o mundo macroscópico sendo estudadas. Essa situação torna a contextualização e a utilização de alguns determinados modelos de figuras de linguagem funcionais para o mundo macroscópico, mas não tão efetivas quando utilizadas na escala em que a Física de Partículas trabalha.

As analogias são estruturas linguísticas comuns na divulgação científica, tal como apontado por Silva et al (2011). Sua utilização auxilia na compreensão, entendimento e visualização de conceitos que, em grande parte dos casos, podem ser considerados complicados, mas somente a sua utilização não garante que as explicações se tornaram mais claras para os leitores pois, por si só, a área de conhecimento é complexa.

Dessa maneira, no decorrer da narrativa uma boa parte dos conceitos foram apresentados e abordados de diversas maneiras para que houvesse a chance de um melhor entendimento. Houveram alguns modelos de apresentações que apareceram com mais frequência como as históricas, matemáticas, qualitativas/abstratas, qualitativas/fenomenológicas e as a partir das figuras de linguagem.

Num panorama geral, os conceitos que passam por um modelo de apresentação e introdução durante a narrativa são mais bem trabalhados e explicados do que aqueles que não foram apresentados usando algum desses modelos. A tabela 2, a seguir, expõe os conceitos que tiveram algum modelo de abordagem, como dito anteriormente, ou apresentação na obra.

Tabela 2: Conceitos e abordagens utilizadas

Modelo de apresentação	Conceitos
Histórica	Átomos (1), Vácuo (Demócrito) (2), Vácuo (3), Ligação atômica (1),
Matemática	Constância de cargas (1),
Qualitativa/Abstrata (desenvolvimento conceitual)	Estrutura atômica (1), Núcleo atômico (1), Partículas elementares (1),
Qualitativa/Fenomenológica (análise a partir do fenômeno)	Colisões (1), Colisão de Prótons (1), Produção de Pares (1), Partículas (4), Lei de Faraday (1), Prótons (2), Densidade

	superficial (1), Refração (1), Campo gravitacional (1), Teoria da Relatividade (1), Bóson Higgs (1), Campo de Higgs (1)
Figuras de Linguagem	Ligações Atômicas (1), Colisão de Prótons (1), Partículas elementares (3), Produção de pares (1)

Alguns conceitos aparecem mais que uma vez na obra e, em diversos casos, a autora optou por variar o modelo de abordagem utilizado, como dito anteriormente. Além da maneira a qual o conceito é apresentado, existe a maneira como Isaac o entende e assimila. Ele utiliza também as figuras de linguagem, por exemplo, para poder facilitar o processo de assimilação dos conceitos apresentados e trabalhados na narrativa.

5.2 Análise dos trechos

Os conceitos selecionados para análise foram os de Vácuo, Partículas, Colisão de Prótons, Conservação de Cargas e Partículas Elementares. Eles foram selecionados pois tiveram algum tipo de modelo de apresentação, aparecendo então na tabela 2 que consta acima. Numa tentativa de aumentar a diversidade de modelos de formação, foram selecionados conceitos de cada uma das categorias de apresentação.

Algumas categorias, como a apresentação matemática, só apresentavam um conceito, logo ele foi o selecionado. Nas categorias que apresentavam mais que um conceito, o selecionado foi o que teve maior destaque na narrativa do livro. A relação entre os conceitos na narrativa é clara, logo é possível que existam trechos que sejam analisados ou citados mais de uma vez devido a presença de mais de uma palavra ou ideia-chave sendo expressa.

5.2.1 O conceito de vácuo

O primeiro trecho a ser analisado expressava a ideia-chave relativa ao vácuo, citado pela primeira vez na página 25. A utilização dessa ideia chave de maneira histórica, atrelada ao

conceito de Vácuo, defendido por Demócrito e Leucipo. Para eles, o Vácuo era um espaço totalmente vazio. A autora utiliza dessa linha de pensamento já superada e refutada pela ciência moderna para realizar a discussão e iniciar a apresentação do conceito como tal.

Em determinado momento, Isaac e Argo realizam uma viagem no tempo e no espaço, através da imaginação de Argo, para a 400 a.c. na Grécia. Lá escutam uma conversa entre Leucipo e Demócrito sobre o que acreditam serem os constituintes da matéria: os átomos.

Logo após escutarem a conversa, são chamados por Aristóteles para uma conversa. Em um dos primeiros temas tratados no diálogo, começam a debater sobre o que são ou poderiam ser os átomos, seu formato e como eles se comportam no espaço. A ideia-chave de vácuo aparece pela primeira vez e começa a ser trabalhada na narrativa a partir desse momento. O trecho pode ser visto a seguir.

Vácuo (1)

- 24.** - E entre eles [átomos] haveria o que? Digo isso por que mesmo quando o Argo está junto de seus irmãos e de suas irmãs há um espaço bem pequenininho entre eles, não? O que tem nesse espaço?
- 25.** - Ué, tem ar, né? – arriscou Argo – Se não a gente morre sem respirar.
- 26.** - Justamente, Argo. Mas, e entre os átomos? Se até o ar, como eles [Demócrito e Leucipo] dizem, é feito de átomos, e entre os átomos? Não haveria nada – perguntou o homem barbudo.
- 27.** -É. Acho que nada. – disse Isaac enquanto refletia.
- 28.** - Nada, nada mesmo? – insistiu Aristóteles.
- 29.** -Não pode! – gritou Argo. – E como os átomos respiram? Eles também precisam de ar, não é, seu Aristóteles?
- 30.** - Sem dúvida, Argo. No mais, o que é o nada? De que ele seria feito? Se não conseguimos pensar no nada, como afirmar sua existência?
- 31.** Isaac estava atordoado. Caramba, essa foi difícil. Nunca havia parado para pensar no nada. Desde quando o nada é feito de alguma coisa? Mas, se o nada não é feito de nada, como ele existe? Assim? Do nada? (TAKIMOTO, 2017, p. 25)

Aristóteles argumenta com Argo e Isaac a partir de uma perspectiva intuitiva que exclui a possibilidade da existência de espaços sem a presença de ar. Essa reflexão realizada por ele é apoiada em sua experiência sensorial e reforça o posicionamento de que não existam estruturas menores ou algum tipo de matéria entre os átomos.

Aristóteles utiliza de uma analogia, tomando como exemplo a situação onde Argo se encontra muito próximo de seus irmãos e semelhantes, para que a situação em escala atômica

fique clara. Sua fala parece embasada pela analogia feita por Aristóteles e também pela sua experiência pessoal. Se ele necessita de ar para respirar, mesmo quando se encontra muito próximo de seus irmãos, caso existam, os átomos também devem necessitar.

Argo utiliza em sua fala, no parágrafo 25, um *Conceito Espontâneo*. A refutação do *Conceito científico* de Vácuo começa a acontecer nesse momento e segue quando Aristóteles concorda. Argo apresenta certa resistência ao cogitar a existência de um lugar no espaço que não exista ar para ser respirado, já que é algo primordial e básico para a existência da vida. O vínculo que aparece é concreto e factual, totalmente alinhado com o que pode ser experimentado na relação direta com a esfera imediata. Como nós, que respiramos, poderíamos ser formados de átomos e eles não respirarem? Vale ressaltar, que a argumentação se afasta de um modelo racional à medida que o exemplo apresentado está fundamentado na antropomorfização de um ser inanimado, um grão de areia.

Quando Demócrito e Leucipo conversam sobre o átomo, no trecho anterior ao diálogo de Isaac e Argo com Aristóteles, existe um esforço por parte da autora em criar um sistema conceitual que dá suporte e um caráter científico a ele. O trecho se encontra a seguir.

32. - A natureza, Leucipo, é composta por um número ilimitado de partículas indivisíveis: os átomos. O Universo é composto por uma infinidade de átomos que se chocam e recuam em um movimento eterno, através do espaço.
33. - Sim, Demócrito, certamente que sim. E a grande variedade de materiais na natureza devem provir, assim, dos movimentos desses átomos, que, ao colidirem, formam conjuntos maiores, gerando diferentes corpos com características próprias.
34. - Justo, Leucipo. E dessa forma, cor, cheiro, gosto e tudo o mais certamente é resultado das posições e dos movimentos dos átomos, que não podem ser vistos ou tocados (TAKIMOTO, 2017, p. 19)

Mais à frente, no parágrafo 31, Isaac explicita que nunca havia pensado no nada e na possibilidade deste “nada” ser formado por algo, o que o deixa confuso. Quando toca nesse ponto, assim como Aristóteles no terceiro parágrafo, está utilizando uma ideia-chave sobre o vácuo, que remete a um *Conceito Científico* defendido por Demócrito e Leucipo. Apesar de terem aparecido na narrativa, a autora não retoma o posicionamento de Demócrito e Leucipo na interação entre Argo, Isaac e Aristóteles.

O *Conceito Científico* que é falado aqui não é o mesmo conceito científico apresentado de maneira formal em livros didáticos. Essa categoria remete a maneira como o conhecimento é apresentado e as relações conceituais às quais ele é inserido. Dessa maneira, o conceito

atrelado a palavra Vácuo, no trecho anterior, está equivocada do ponto de vista científico, pois não há correspondência com a realidade, mas ele foi classificado como um *Conceito Científico* por estar inserido em um tecido conceitual amplamente elaborado, fundamentado em relações recíprocas de generalidade.

Os *Conceitos Espontâneos* são utilizados como base para a formação dos *Conceitos Científicos*, porém a refutação do *Conceito Científico* apresentado segue em sentido contrário ao do desenvolvimento intelectual. A narrativa realiza essa desconstrução em direção ao *Conceito Espontâneo*, fato que implica na inversão da ordem do desenvolvimento racional. A negação da proposta conceitual do Átomo está baseada nas relações entre elementos de uma estrutura, que nesse caso pode ser sintetizada pela dicotomia Matéria-Não Matéria (vácuo).

Quando a palavra-chave Vácuo aparece pela segunda vez e terceira vez, marcados na tabela 1 como **Vácuo (2) e (3)**, em um diálogo que acontece após o encontro inusitado com o Bóson [personagem], dentro do CERN. Assim como Argo, Bóson é uma partícula com características antropomórficas. Ele retrata o Bóson de Higgs, uma partícula elementar bosônica prevista pelo Modelo Padrão de partículas.

Neste próximo diálogo, a ideia-chave que pode ser relacionada ao fenômeno de produção de pares é expressa no primeiro parágrafo demarcado e o conceito de vácuo é retomado. A ideia-chave é apresentada de maneira qualitativa/fenomenológica a partir do fenômeno de produção de partículas no vácuo, como mostrado a seguir.

Vácuo (2)

35. “(...) Mas o pior vem agora: Um objeto jamais pode nascer do nada, mas as partículas podem nascer do vácuo [disse Bóson] .
36. - Então Demócrito e Leucipo estavam certos e Aristóteles errado? O *vácuo* existe no mundo? – quis saber Isaac, lembrando-se de outras viagens que ele e outros seres humanos já haviam feito.
37. - Há de se tomar muito cuidado. O vácuo que é falado aqui não é o mesmo de Demócrito. O vácuo de Demócrito era sinônimo de absolutamente nada. Hoje, a despeito de não existir matéria nenhuma no *vácuo*, *os cientistas não conseguem eliminar de dentro dele, com a teoria que se trabalha aqui no CERN, uma quantidade mínima de energia, além de algo que chama de campo eletromagnético e campo gravitacional.* (TAKIMOTO, 2017, p. 52)

No parágrafo 36, Isaac utiliza a palavra-chave Vácuo, mas que tem seu significado relacionado ao posicionamento defendido por Demócrito e Leucipo. Argo e Isaac não

apresentaram resistência ao utilizar esse conceito, diferentemente de quando o diálogo realizado era com Aristóteles.

Para Isaac, quando Bóson utiliza a palavra-chave Vácuo, no parágrafo 35, os significados atribuídos por ambos seriam idênticos, porém Bóson explicita que existem algumas diferenças entre o que cada termo significa.

Após a utilização da terminologia com o significado diferente do que deveria ser atribuído a ela, explícito somente quando Isaac cita os filósofos pré-socráticos, Bóson [personagem] inicia um trabalho explicação sobre o que é considerado vácuo atualmente para que de *Conceito Potencial* um *Conceito Científico* seja formado.

O *Conceito Potencial* é um modelo de conceito que se assemelha ao conceito verdadeiro e ao *Complexo De Pseudoconceito*, em relação à aparência, fazendo com que em diálogos ele possa ser utilizado sem estranhamento de algumas das partes, mas suas naturezas são essencialmente diferentes. O *Conceito Potencial* possui a característica de se encontrar no campo do pensamento prático eficaz, sendo considerada uma formação pré-intelectual.

Expondo os fatos que levam o vácuo a não ser considerado um espaço limpo, com ausência de tudo, Bóson discute sobre os campos eletromagnéticos e gravitacionais. A terceira aparição da palavra-chave vácuo se dá pouco depois da explicação do que são esses campos.

O trecho se encontra a seguir:

Vácuo (3)

38. Alguém ou algo está por perto. E, mesmo que você não veja, está sentido o “campo” desse algo.
39. -Entendi - disse Isaac. - E não conseguimos eliminar esse tipo de coisa do vácuo?
40. -Os físicos daqui acreditam que não. *Por isso o vácuo não pode ser considerado como totalmente vazio.* Além disso, nesses espaços há também a presença de partículas e anti-partículas que estão sendo formadas e destruídas o tempo todo.
41. -Anti-partículas?! - perguntaram Isaac e Argo ao mesmo tempo. (TAKIMOTO, 2017, p. 53)

No parágrafo 39, Isaac compreende o que foi exposto por Bóson e o que está sendo enunciado pela palavra. O significado de Vácuo Absoluto que estava atrelado ao de Vácuo, com a qual Isaac havia tido contato no começo do livro e carregava até então, foi substituído. No parágrafo 40, Bóson sintetiza mais uma vez que Vácuo não significa “ausência de tudo”, assim como realizado anteriormente, no parágrafo 37.

Algumas palavras, ideias-chave e conceitos aparecem mais de uma vez na estória, assim como citado anteriormente, para servirem de base para a formação de outros conceitos relacionados. Esse caso ocorre com as próximas duas aparições da ideia de vácuo, então seguimos para a análise do próximo conceito selecionado.

5.2.2 O conceito de partículas

As palavras ou ideias-chave sobre o conceito de Partículas aparecem em oito trechos da história. Sua primeira aparição acontece na página 10, quando Isaac se encontra em uma praia refletindo e formulando as perguntas que guiam a narrativa do livro, como mostrado no recorte a seguir.

Partículas (1)

42. Levantou-se com cuidado, pressionando aquele pequeno corpo quase esférico entre os dedos. Assustou-se menos com a imensidão do mundo do que com a possibilidade de perder aquela *parte tão pequena* do cosmo para sempre. “Se eu soltar esta *partícula* de areia, nunca mais conseguirei pegá-la novamente. É verdade que Isaac poderia pegar infinitos outros grãos que estavam debaixo ou perto dos seus pés, mas não exatamente aquele em que ele fizera cosquinhas com brisa assoprada, ventania ou quiçá furação.
43. [...] No início, até pensou que a *pequena partícula* havia fugido, mas logo encontrou uma bolinha bem *miúda* no cantinho do mimoso recipiente. Era só olhar aquele *grãozinho* e já começava a pensar sobre umas coisas abelhudas.
44. - Será que existe algo em todo Universo menor que esse *pequeto grãozinho*? (TAKIMOTO, 2017, p. 10)

A palavra-chave “partícula” aparece no parágrafo 42. Essa palavra-chave está atrelada a característica relacionada ao tamanho do grão de areia em relação com elementos que o rodeiam e com o próprio Isaac. Numa tentativa de reforçar essa característica, ela foi expressa seis vezes nesse trecho de três parágrafos, entre utilizações da palavra relacionada ou de sinônimos. O uso indiscriminado dessas relações parece uma estratégia de introdução e antecipação do conceito atrelado a palavra-chave.

A busca por estruturas menores do que o grão de areia, realizada por ele durante a narrativa, fez com que outras situações de utilização dessa palavra surjam. A cada nova utilização que surge, o *Conceito Potencial* é cada vez mais generalizado e a formação do *Conceito Científico* fica mais próxima. É interessante notar, que o conceito potencial é cercado

por conceitos espontâneos, produzidos pelas experiências e sensações de Isaac. Nesse sentido, há a indicação produção do conceito científico partindo dos conceitos espontâneos.

A palavra-chave aparece novamente na página 31, no momento em que Isaac, encucado após as conversas com Demócrito, Leucipo e Aristóteles, questiona Argo sobre até onde vai o conhecimento científico atual sobre o átomo partindo do pressuposto que atualmente temos uma gama de novas ferramentas e técnicas para auxiliar nas pesquisas. O trecho se encontra a seguir.

Partículas (2)

- 45.** - Argo! Eu estive pensando... Se antigamente as pessoas tinham tantas ideias bacanas sem terem equipamentos, e hoje? Como isso é feito? Já sabem se o átomo existe?
- 46.** - Não só sabem que o átomo existe como sabem que existem milhões de *partículas* dentro dele.
- 47.** - Milhões? Mas não era pra ele ser a menor partícula do universo? Se há coisas dentro dele, então agora são elas os átomos e o átomo virou outra coisa, né? Algo maior que a menor partícula.
- 48.** - É... Pode ser... Agora temos um punhado de “átomos” formando um “atomão grandão”. Mas o “atomão grandão” continua sendo átomo, porque ele continua sendo, digamos, o tijolo que forma todas as casas, ainda que o tijolo possa ser quebrado ao meio (TAKIMOTO, 2017, p.31).

Quando a hipótese de que possam existir partículas menores que o átomo, Isaac indica que a estrutura que era denominada de átomo anteriormente mude de nomenclatura. Argo utiliza uma analogia no parágrafo 48 a fim de mostrar que, mesmo não sendo mais a menor partícula conhecida, o átomo ainda pode ser chamado de átomo e continuar a ser reconhecido como “o tijolo que forma todas as casas”.

Para Isaac a menor partícula existente deveria se chamar átomo, pois etimologicamente, a palavra átomo deriva do Grego *atomos*, que significa indivisível. Esse pensamento está atrelado ao senso comum de que o átomo é a menor parte constituinte de tudo o que existe, derivado das formulações de Demócrito e Leucipo. Essa negação por parte de Isaac demonstra uma contradição encontrada, que remete a diferença entre o significado literal da palavra átomo e o seu conceito. Nesse sentido, o significado literal aparece como obstáculo para a formalização do conceito científico, que é constituído por uma rede conceitual e não por uma definição pontual.

No trecho anterior, apesar de Argo desconstruir a ideia de o átomo ser a menor estrutura constituinte da matéria, as partículas menores que os átomos não são nomeadas. A nomeação e categorização dessas menores unidades ocorre somente na página 41, quando as palavras-chave relacionadas aos prótons e elétrons aparecem.

No próximo trecho onde acontece a aparição da palavra-chave partículas, a palavra-chave *quark* é mencionada. Ela aparece antes de as ideias ou palavras-chave relacionadas aos prótons e elétrons surgirem na narrativa, fazendo com que Isaac e Argo fiquem confusos sobre o que se tratava aquilo que Bóson [personagem] falava.

Partículas (3)

49. - Shhhh. Falem baixo. Estão me procurando por todas as partes. Eu me chamo Bóson de Higgs. O que vocês querem saber, afinal?
50. - Basicamente, seu Bóson (ou dona Bóson?), tudo o que diz respeito a esse lugar. - respondeu baixinho Isaac.
51. - Ótimo. Falaram com a *partícula* certa. Eu não tenho gênero. Podem se referir a mim como quiserem. Mas antes vamos para um lugar onde ninguém possa me encontrar. Se me descobrirem, podem fazer comigo o que estão fazendo com minhas amigas partículas. Colocando-as para rodar até ficarem bem tontas e depois POW! Eles fazem uma colidir com as outras até virarem farelos de *quarks* - explicou Bóson, roendo as unhas e olhando apavorado para todos os lados.
52. - Farelos de que? Por que eles fazem seus amigos baterem de frente uns com os outros? - perguntou Argo, que se sentia um gigante enquanto andava bem depressa atrás daquela minúscula partícula. Bóson sequer lhe respondeu, tão preocupado estava em se esconder (TAKIMOTO, 2017, p. 39).

Neste trecho, no parágrafo 49, ocorre a primeira aparição do personagem Bóson, que faz uma clara alusão ao Bóson de Higgs, partícula elementar bosônica que dá suporte ao Modelo Padrão da Física de Partículas. Neste mesmo parágrafo, ele diz que o estão procurando por todas as partes, como uma clara referência a uma das grandes questões que estão sendo pesquisadas no campo da Física de Partículas. Apesar de o Bóson de Higgs ser uma partícula prevista pelo modelo padrão.

Em 2012 o *A Toroidal LHC AparatuS* (ATLAS) e o *Compact Muon Solenoid* (CMS), dois aparatos experimentais do CERN, detectaram uma partícula desconhecida que, em 2013, provaram que se comportava, interagia e decaía de acordo com as diversas formas previstas pelo modelo padrão, indicando vigorosamente a existência do Bóson de Higgs.

No parágrafo 51, Bóson se identifica como uma partícula, mesmo que esse assunto não houvesse sido explicado ainda. Essa situação faz com que a palavra *partículas* englobe também esse ser “desconhecido” até então, tornando-a cada vez mais generalista.

Além disso, Bóson [personagem] introduz a palavra-chave *quarks*. Ele cita esse tipo de partícula elementar, mas o desenvolvimento da ideia por detrás não ocorre nesse mesmo trecho, mas somente na página 44. Quando indagado por Argo sobre o que seria aquilo que ele havia dito, Bóson permanece calado. A utilização da palavra-chave dessa determinada maneira pode ter sido empregada para gerar uma “faísca” de curiosidade em Argo, Isaac e, simultaneamente, no leitor da obra.

Bóson [personagem] encontra um lugar seguro para que a conversa com Isaac e Argo prossiga e logo tenta explicar para ambos o motivo de estarem forçando seus amigos a colidirem. Começa explicando que a matéria gerada nessas colisões pode ser constituída de energia, de acordo com Isaac de “velocidade solidificada”.

Isaac entra em um estado de confusão e negação pois o fenômeno citado é contra intuitivo. Bóson utiliza de uma analogia procurando uma maneira de facilitar o entendimento de Isaac, como mostrado a seguir

Partículas (4)

- 53.** - Inteligente como, Bóson, se eu não consigo entender isso? Aliás, alguém entende? - questionou Isaac, atordoado com aquela ideia um tanto maluca.
- 54.** - Bem, na verdade, é muito difícil visualizar esse fenômeno porque não conseguimos encontrar nada parecido no dia a dia. Mas a gente pode tentar imaginar essa estranha criação de matéria. É como se a energia se materializasse, virando um tipo de poeira extremamente fina. Tipo uma poeirinha de energia, conseguem visualizar? Então, essa “poeirinha” é o que os cientistas chamam de “*partículas*”. Olhem pra mim! Eu sou um tipo de “*partícula*”!
- 55.** - Fala sério, Bóson! Cruz credo! Vai dizer que você some quando corre? (- disse Isaac) (TAKIMOTO, 2017, p. 41- 42)

Nesta quarta aparição, a geração de partículas através da produção de pares foi explicada no parágrafo 54. Quando Bóson [personagem] diz que a energia se materializa e vira “tipo uma poeirinha de energia” e que essa “poeirinha” é o que os cientistas chamam de partículas, nos remete a figura de linguagem que foi utilizada por Argo na segunda aparição dessa mesma palavra-chave, na página 31. Argo diz que átomos formam o “atômão grandão”, mas que ele continua sendo o tijolo que forma todas as casas.

Quando pensamos no átomo como um tijolo e começarmos a despedaçá-lo cada vez mais, em determinado momento nós teremos somente fragmentos muito pequenos ou até mesmo, dependendo do esforço realizado para despedaçá-lo, poeira. Dois personagens diferentes utilizaram de uma linha de pensamento complementar para que o Isaac entendesse que partículas existem dentro do átomo e, como ele é maior que elas, “despedaçando” o átomo as encontramos.

Na página seguinte encontramos mais uma utilização da palavra-chave partículas. Dessa vez as partículas são definidas e os prótons e elétrons são citados. Aqui Bóson explicita que os prótons e elétrons são os “carrinhos” que são utilizados nas colisões. O trecho se encontra a seguir.

Partículas (5)

- 56.** - Como se fosse real - respondeu Isaac de olhos fechados.
- 57.** - Pois é, amigo. Mas os adultos não conseguem se satisfazer só com o mundo das ideias... Então eles fizeram esses detectores e aceleradores gigantes que encontram os “carrinhos”, que são as partículas que eles chamam de prótons e elétrons, e fazem com que elas se movimentem em velocidades extremas.
- 58.** - Mas por que esses aceleradores e detectores tem que ser tão grandes, se vocês são tão pequenos? - voltou a perguntar Isaac.
- 59.** - Porque eles querem que os prótons, por exemplo, adquiram muita energia para poderem colidir e se espatifar, para que eles possam detectar as partículas que vão surgir dessa colisão. Eles sabem que, quanto mais fechada for uma curva, ou melhor, quanto menor ela for, mais energia se perde no trajeto. Se a intenção é acelerar muito esses prótons, a ponto de gerar uma energia muito alta que não se perca facilmente, os prótons têm que percorrer grandes círculos. Círculos enooooooooormes (TAKIMOTO, p.43).

Logo após definir as partículas as quais eram faladas há tanto, no parágrafo 54, Bóson explica a esquemática estrutural básica do *Large Hadron Collider* (LHC) e sua disposição circular, seu funcionamento e o objetivo de realizar as colisões dessas partículas utilizando tais equipamentos. Nesse momento Isaac fica ciente de que os prótons ainda não são as menores partículas as quais temos ciência da existência, mas passa despercebido. Somente no próximo trecho, no parágrafo 64, a existência de partículas menores que os prótons e elétrons fica claro.

Este próximo trecho ocorre após uma explicação de Bóson sobre o funcionamento do LHC. Isaac fica curioso sobre o por que utilizar ímãs para acelerar a partícula se elas não são feitas de ferro. Bóson discute sobre a característica de partículas carregadas em movimento

geram campos magnéticos ao seu redor sem citar a Lei de Ampère, mas deixando claro que os prótons e elétrons não eram ímãs, somente se comportavam como.

Partículas (6)

- 60.** - Não. Ou melhor, sim... - assimilava Argo. - Entendi o que você quis dizer. Interessante.
- 61.** - Bóson, então os átomos existem de verdade? - retomou Isaac sua grande questão. - E eles são mesmo as menores partículas encontradas na natureza?
- 62.** - Pelo que ouço aqui os átomos existem sim, aos montes. Mas eles são compostos de blocos de construção, ou melhor, eles têm uma estrutura. *São formados de um minúsculo núcleo denso, onde temos o que chamamos de prótons e nêutrons. Mas, além disso, eles também têm algo que podemos considerar tipo uma nuvem, que fica em volta deles, e que é formada do que chamam de elétrons.*
- 63.** - E esses prótons, elétrons e nêutrons são as menores partículas que temos no universo? - insistiu Isaac.
- 64.** - Ainda não - respondeu calmamente o Bóson. - Basicamente, toda essa estrutura de prótons, elétrons e nêutrons é formada por três tipos de *partículas elementares, que são chamadas de quarks, léptons e partículas mediadoras.* Acho que é sobre elas que você está perguntando. *As partículas elementares são aquelas que não podem ser quebradas, ou melhor, divididas.*
- 65.** - É isso que ele quer saber! E como elas são? Redondas como eu?! - perguntou Argo, passando a mão na barriga (TAKIMOTO, 2017, p. 44)

No parágrafo 58 Isaac pede uma confirmação da existência dos átomos para Bóson [personagem] e sobre a sua escala de grandeza na natureza. Quando Bóson o responde, ele utiliza novamente a figura de linguagem que Argo utilizou na segunda aparição da palavra-chave “partículas”, relativa aos tijolos/blocos de construção. Ainda nesse parágrafo, Bóson aproveita para realizar uma explicação sobre a estrutura atômica geral, explicitando onde prótons, nêutrons e elétrons estão nessa estrutura.

Quando Isaac pergunta se esse trio compõe a categoria de menores partículas existentes, Bóson apresenta para Isaac e Argo as Partículas Elementares. Quando iniciou sua busca por respostas, Isaac estava curioso para saber qual a menor partícula que compunha a matéria. Para chegar a essa resposta, o *Conceito Científico* de Partículas Elementares precisou passar por um processo longo.

Esse processo de formação começou no primeiro trecho onde a palavra-chave “partículas” aparece, onde somente era realizada uma introdução e antecipação do conceito científico. Durante essa antecipação, situações de utilização da palavra foram sendo explícitas,

fazendo com que a cada trecho ela se tornasse mais generalista. Ao apresentar novas situações de utilização prática e não o conceito por detrás da palavra-chave, categorizamos *Partículas* como um *Conceito Potencial*.

No parágrafo 64, a apresentação das partículas elementares é realizada e sua conceituação ocorre. Nesse caso temos a formação do *Conceito Científico de Partículas elementares* a partir do *Conceito Potencial de Partículas*. A categorização como *Conceito Potencial* ocorre pois não há nenhum trecho onde sua conceitualização ocorre, somente a associação de novas situações de utilização da palavra.

Uma característica da apresentação do conceito de *Partículas* é a de que é possível visualizar que há um crescente desenvolvimento e utilização da cultura científica ao longo da narrativa. Em sua primeira aparição, na página 10, quase não há elementos significativos da cultura científica, diferentemente de sua última aparição. Num primeiro momento, a palavra aparece somente vinculada ao uso na linguagem cotidiano. A intensificação ocorre de maneira que na última aparição existam referências a métodos e conceitos científicos.

5.2.3 *Partículas elementares*

A próxima ideia-chave a ser tratada é a de Colisão de Prótons. Sua primeira aparição acontece na página 41, a partir de uma analogia feita por Bóson. Após explicar o porquê de suas amigas partículas estarem sendo colididas, os fenômenos possíveis depois de uma colisão entre duas bolinhas são citados. Isaac e Argo citam três situações, onde as bolinhas podem bater e voltar, bater, se deformarem e ficarem grudadas ou baterem e se quebrarem, caso o material não seja resistente o suficiente.

Bóson diz então que existe uma quarta possibilidade, na qual determinados corpos possuem velocidades muito altas, conseqüentemente energia muito alta, conseguem realizar. A quarta possibilidade é expressa no trecho a seguir.

Partículas elementares (1)

66. - Imaginem um carrinho vindo com muita velocidade. - começou Bóson a explicar mais uma situação que pode acontecer com os corpos depois que eles se chocam. - Além de matéria, esse carrinho também tem muita energia, concordam?
67. Argo e Isaac concordaram, mas, desta vez, movimentavam bem devagar a cabeça porque, enquanto aceitavam o que Bóson dizia, também pensavam no que poderia vir pela frente.

- 68.** - Pois muito bem. *Depois da colisão, parte dessa energia pode se transformar em matéria, por exemplo, em vários pedacinhos menores de carrinho.* Se todos os pedacinhos de carrinho ficassem parados, poderíamos dizer que toda a energia se transformou em matéria, concordam? Como os pedacinhos de carrinho se movimentam, dizemos que parte da energia se transformou em matéria e a outra se manteve como energia mesmo. Deu pra entender?
- 69.** Argo e Isaac ficaram com as cabeças paradas e os olhos *arregalados!* Como entender isso?
- 70.** - *Você está me dizendo que a matéria criada em uma colisão pode ser constituída de velocidade solidificada?* - perguntou Isaac, perplexo - *A velocidade fica dura, cria corpo, depois que o carrinho bate? É isso?*
- 71.** - Por aí, Isaac! Como você é inteligente! - animou-se Bóson.
- 72.** - Inteligente como, Bóson, se eu não consigo entender isso? Aliás, alguém entende? - questionou Isaac, atordoado com aquela ideia um tanto maluca.
- 73.** - Bem, na verdade, é muito difícil visualizar esse fenômeno porque não conseguimos encontrar nada parecido no dia a dia. Mas a gente pode tentar imaginar essa estranha criação de matéria. É como se a energia se materializasse, virando um tipo de poeira extremamente fina. Tipo uma poeirinha de energia, conseguem visualizar? Então, essa “poeirinha” é o que os cientistas chamam de “partículas”. Olhem pra mim! Eu sou um tipo de “partícula”! ((TAKIMOTO, 2017, p. 41- 42)

A ideia-chave do evento de Colisão de Prótons é exposta no parágrafo 68. Três conceitos, Velocidade, Energia e Matéria, são relacionados com o objetivo de explicar o fenômeno supracitado. Entendemos que seja o evento de colisão de prótons e não Produção de pares, por exemplo, pois a conversa acontece dentro do CERN, local que realiza tal experimento.

As palavras-chave complementares (Velocidade, Energia e Matéria) não podem ser categorizadas devido a uma ausência de historicidade. Para que o processo de categorização ocorra é necessário que haja algum tipo de desenvolvimento em cima das palavras ou ideias-chave dos conceitos. Como não há nenhum desenvolvimento, a categorização é inviabilizada.

No parágrafo 70, Isaac mostra que entende o que Bóson diz, mas não acredita que tal fenômeno seja factível, entrando mais uma vez entre em um estado reflexivo. Podemos ver que Bóson conseguiu formar uma relação entre esses conceitos, que possivelmente Isaac tem contato na esfera intuitiva, e levá-lo a abstrair. Da maneira como ocorre, Bóson [personagem] almeja a formação de um *Conceito Científico*, que é realizado a partir de um *Conceito Potencial*.

No parágrafo 73, Bóson admite que é difícil visualizar tal fenômeno, já que ele não é intuitivo, a partir disto, justificando o uso das figuras de linguagem para apresentá-lo. Duas páginas a frente, retomam essa discussão e nesse momento Isaac já tem conhecimento da existência dos Prótons, Elétrons e Nêutrons, como mostrado a seguir.

Partículas elementares (2)

74. - E esses prótons, elétrons e nêutrons são as menores partículas que temos no Universo? - insistiu Isaac.
75. - Ainda não - respondeu calmamente o Bóson. - *Basicamente, toda a estrutura de prótons, elétrons e nêutrons é formada por três tipos de partículas elementares, que são chamadas de quarks, léptons e partículas mediadoras. Acho que é sobre elas que você está perguntando. As partículas elementares são aquelas que não podem ser quebradas, ou melhor, divididas.*
76. - É isso que ele quer saber! E como elas são? Redondas como eu?! - perguntou Argo, passando a mão na barriga.
77. - É. Bem. Isso é outra complicação, porque nunca ninguém viu nada. - respondeu Bóson, rindo.
78. - ãhn!? - Argo e Isaac protestaram em unísono.
79. - Eu já sei o que vocês vão me perguntar. Vocês agora querem saber como descobrimos que as partículas elementares existem se ninguém nunca viu, certo? Muito simples. Respondam a essa pergunta: como as pessoas sabem que entrou um rato em uma casa mesmo sem tê-lo visto?
80. - Bom... acho que ele deve deixar rastro, né? Tipo farelos, sujeiras...
81. - Justamente! Os cientistas sabem que as partículas existem porque detectam os seus rastros! Daí os enooooormes detectores que existem aqui! Eles registram uma quantidade enooooorme de rastros deixados pelas partículas, que surgem de uma colisão entre os prótons ou entre os elétrons, por exemplo ((TAKIMOTO, 2017, p. 44).

No parágrafo 75, essas três partículas são aglomeradas em um grupo e destrinchadas. Aqui existe um erro conceitual.

Os elétrons são partículas subatômicas que não apresentam nenhuma estrutura interna, sendo categorizados como Partículas Elementares. Quando, no parágrafo 75, Bóson diz que *“toda a estrutura de prótons, elétrons e nêutrons é formada por três tipos de partículas elementares, que são chamadas de quarks, léptons e partículas mediadoras”* (TAKIMOTO, 2017 p. 44), ele vai contra algo já fundamentado. Os prótons e nêutrons são formados por estruturas menores, mas não os elétrons, o elétron é um tipo de lepton.

Mesmo com esse erro, durante o parágrafo 75, um tecido de relações com diversos conceitos e palavras-chave vão sendo apresentadas e dois *Conceitos Científicos*, Partículas e Partículas Elementares, são formados. Como maneira de aprofundar na explicação sobre as partículas elementares, no próximo trecho uma discussão sobre a diferença entre as propriedades características das Partículas e das Partículas Elementares.

Partículas elementares (3)

82. - Pois então, acontece um punhado de coisas aqui que ninguém consegue explicar direito. Por exemplo, lembram que eu falei de um “carrinho” colidindo cheio de energia e que depois de ele colidir parte dessa energia seria transformada “em carrinhos menores”, que são as partículas?
83. Isaac e Argo fizeram que sim com a cabeça.
84. -O problema é que essas partículas não podem ser comparadas a grãos pequenos. Por menor que eles sejam, não podemos nem dizer “poeirinha”, como eu disse, porque, na verdade, *nada do seu comportamento tem a ver com o de uma poeira.*
85. - Como assim? - questionou Isaac mais uma vez. - Elas não são pedaços de “algo”? *Se são pedaços de alguma coisa são feitas do mesmo material dessa coisa, não? E se são feitas do mesmo material devem se comportar de uma determinada maneira, não?*
86. - Aí é que está o problema. Quando quebramos alguma coisa dentro desses colisores enormes, *os pedaços não podem ser comparados aos pedaços da coisa que quebramos. É como se eu quebrasse uma panela em três partes e essas partes fossem um rato, uma moeda e um telefone.*
87. - Caramba! *Você está me dizendo que uma panela desaparece e no lugar dela passam a existir três coisas de naturezas completamente diferentes dela? É isso?*
88. - Justamente! Eu disse que você era inteligente! E é mesmo! Como aprende rápido! - elogiou Bóson
89. - Bóson, sinto desapontá-lo, mas, se bem conheço meu amigo, ele não entendeu patavina do que você falou - disse Argo olhando para o rosto perplexo do amigo. (TAKIMOTO, 2017, p. 49)

Para conseguir explicar as diferenças entre as propriedades de um átomo e das partículas elementares que o compõem, por exemplo, foi necessário que a relação com a esfera intuitiva fosse rompida. Portanto, para a formação do conceito científico há, nesse momento, o afastamento dos conceitos espontâneos. Essa relação começa a ser desfeita no parágrafo 84, quando Bóson assume que a comparação da partícula gerada pela colisão de prótons com uma poeira é errônea.

Mais uma vez, o desenvolvimento em prol do conceito científico se dá através da dúvida por parte de um dos personagens. Isaac, no parágrafo 85, expressa um questionamento e depois utiliza da lógica intuitiva para explicar a lógica, macroscópica, por trás do fenômeno.

No parágrafo 86 entramos em contato com outra analogia realizada por Bóson. Desta vez, para que Isaac e Argo entendam que a comparação direta entre propriedades e características do conjunto não é possível quando a análise é de somente uma parte do todo, Bóson delimita o que pode ser considerado como “poeirinha”, no caso as *Partículas*, e o que deve ser visto como diferente desse conjunto, como as *Partículas Elementares*. O processo realizado nesse trecho é similar ao que aconteceu com a ideia-chave de Vácuo, onde Bóson [personagem] delimita o que é o *Vácuo* e o que é *Vácuo Absoluto*, porém existe uma diferença.

Quando o processo acontece com o conceito de Vácuo, é possível categorizá-lo como *Conceito Científico* devido ao desenvolvimento de um tecido conceitual e de relações genéricas e arbitrárias as quais é submetido. Para *Partículas*, sua apresentação ocorre de maneira diferente. O processo ocorre lentamente e atribuindo novas situações de utilização da palavra. Diferentes exemplos e modelos de utilização são apresentados durante a narrativa e incorporados a palavra. Em ambos os casos, porém, temos a formação de um *Conceito Científico*.

5.2.4 Anti-partículas

O próximo trecho apresenta uma abordagem matemática para tratar a existência de Anti-partículas no universo. Partindo da discussão sobre não podermos considerar o Vácuo como Vácuo Absoluto, pois além de energia existem partículas e anti-partículas sendo formadas e destruídas o tempo todo, Bóson utiliza uma analogia matemática para expressar como a conservação de cargas no Universo acontece.

A conservação de carga elétrica estabelece que a carga total do Universo é constante, constituindo a conservação global da carga elétrica. Quando, no fenômeno de Produção de Pares, um Fóton com uma determinada energia colide com um núcleo, uma partícula e uma anti-partícula são geradas. Como dito anteriormente, a anti-partícula possui quase todas as mesmas propriedades da partícula, menos o sinal de sua carga e seu momento magnético.

O trecho se encontra a seguir.

Anti-partículas (1)

90. “(...)

91. - Além disso, nesses espaços há também a presença de partículas e anti-partículas que estão sendo formadas e destruídas o tempo todo.
92. - Anti-partículas?! – Perguntaram Isaac e Argo ao mesmo tempo.
93. - Sim. *A ideia é mais ou menos essa: depois que o Universo surgiu, a quantidade total de cargas elétricas que encontramos nele deveria permanecer constante. Por exemplo, para cada sinal de mais (+) teríamos um sinal de menos (-) e assim sempre tudo se equilibra. Querem ver? Quanto é um menos um?*
94. - Zero, ora bolas – respondeu Argo rapidamente.
95. - Justamente. $+1-1=0$. Mas, vejam bem: $+1-1+1-1+1-1+1-1+1-1+1-1+1-1+1-1+1-1+1-1+1-1$ também é igual a zero, certo? Quando uma partícula é criada, uma anti-partículas também é. Há milhões de partículas e anti-partículas interagindo no vácuo! E quando elas colidem uma com a outra, elas desaparecem e, se elas desaparecem, o que surge?
96. - Energia? – respondeu, inseguro, Isaac.
97. - Justamente. Muita energia. Se uma pessoa colidisse, digamos, com uma anti-pessoa, teríamos energia para explodir o planeta.
98. - Mas isso é apenas uma ideia ou as anti-partículas existem de verdade? Conseguimos vê-las? – quis saber Isaac?
99. - Não. Na verdade, sua detecção direta é impossível. – lamentou Bóson.
100. - Mas se ninguém as detecta, por que estamos falando sobre elas? Por que deveríamos nos preocupar com essa ideia louca que não passa de uma ideia e por que não podemos considerar apenas o vácuo de Demócrito? – questionou Isaac.
101. - Porque percebemos seus efeitos. Por exemplo, um cego não enxerga o sol, mas percebe seu calor. Essas partículas e anti-partículas que, na verdade, também são partículas, a despeito de nem fazerem cócegas nesses enormes detectores daqui, são capazes de conferir ao vácuo alguma energia e a consequência disso é bem real! Sentida, percebida, mensurada e tudo conforme a teoria!” (TAKIMOTO, p. 54).

Bóson utiliza da Constância de Cargas como base para explicar o porquê de existirem anti-partículas. A explicação dada por ele parece ser bem aceita por Isaac e Argo. Um dos motivos aparenta ser a presença de uma base conceitual já firmada anteriormente. Anti-partículas é um conceito que causa um certo estranhamento, porém relacionando a outros conceitos, tão “estranhos” quanto, sua aceitação ocorre quase que instantaneamente como um *Conceito Científico*.

Existe uma rede de conceitos desenvolvida no trecho, porém ela não é aprofundada. Superficialmente todos os conceitos necessários para o entendimento do conceito de anti-

partículas estão presentes, mas esses conceitos base não foram trabalhados na estória. Mesmo sendo um conceito amplo, não houveram discussões sobre o que pode ser considerado energia. Esse tipo de explicação não ocorre, pois não seria condizente com o objetivo da autora de divulgar o campo da Física de partículas, porém cai no uso indiscriminado das palavras.

6: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa procuramos entender como a formação de conceitos acontece dentro de um livro de Divulgação Científica voltado para o público infantil. Buscamos entender, especificamente a maneira como os conceitos são apresentados para o personagem principal e para o leitor. A obra selecionada para a pesquisa foi criada pela autora e pesquisadora Erika Takimoto.

O trabalho iniciou-se a partir da separação de recortes da obra literária e análise desses trechos. A partir da historicidade da narrativa, havia o intuito de visualizar o desenvolvimento da apresentação dos conceitos pelos personagens. Logo, foram selecionados 13 trechos onde havia a presença de palavras ou ideias-chave que remetiam a conceitos do campo da Física. Os conceitos selecionados foram o de Vácuo, Partículas, Partículas elementares e Anti-partículas.

Haviam outras dezenas de conceitos do campo da física sendo abordados, mas não foram selecionados para análise, pois deveriam conter no mínimo algum tipo de estrutura de organização para essa apresentação do conceito em questão. Grande parte dos conceitos do livro são somente citados, o que impossibilitaria a visualização da historicidade desse conceito. Para além das palavras que remetiam a conceitos não trabalhados haviam ainda as palavras utilizadas de maneira indiscriminada, que acabaram acarretando em dificuldades para realizar a análise, diminuindo o número de conceitos aptos a serem analisados.

Para o primeiro conceito a ser analisado, o conceito de vácuo, houveram três trechos a serem analisados. Vácuo teve uma abordagem histórica de apresentação. Seu desenvolvimento se deu a partir de diálogos históricos e de elaborações já superadas pela ciência. Utilizando-se do pensamento de vácuo elaborado por Demócrito e Leucipo, a autora faz com que a existência do Vácuo seja questionada a partir da esfera sensorial, por Aristóteles.

No segundo trecho, Bóson [personagem] realiza a construção de uma rede de relações conceituais para, além de abordar a cultura científica, formar um *Conceito Científico*, nos moldes da perspectiva histórico-cultural. Vygotsky (2018) nos diz que um *Conceito Científico* tem como característica a formação a partir de processos analíticos e não a partir da esfera intuitiva, além de demandar um tecido conceitual baseado em relações recíprocas de generalidade. No terceiro trecho temos uma reafirmação de posicionamento. O conceito científico é abordado novamente para que a diferenciação entre Vácuo e Vácuo Absoluto, presente como ideia-chave, seja realizada.

O segundo conceito analisado foi o de Partículas. Seu desenvolvimento ocorreu durante quase toda a extensão do livro. As palavras ou ideias-chave que remetiam a ele estavam presentes em 9 trechos. Em seu desenvolvimento fica claro o objetivo de apresentá-lo lentamente, a partir de novas formas de utilização da palavra-chave, durante suas aparições. No primeiro trecho quase não há relações com elementos da cultura científica, podendo dizer que a palavra está ali somente como um instrumento comunicacional.

A partir desse modelo de utilização, a cada trecho, novos usos para a palavra vão sendo acrescentados, fazendo com que esse conceito seja categorizado como *Conceito Potencial*. Os *Conceitos Potenciais*, apesar da semelhança visual com o conceito verdadeiro, têm naturezas diferentes. A ação desses conceitos potenciais pode ser elucidada sem a admissão de processos lógicos, sendo elaborado no campo do pensamento prático (VYGOTSKY, 2018).

No último trecho onde aparece, o *Conceito Potencial* de Partículas é utilizado para formar o *Conceito Científico* de Partículas Elementares, que é utilizado para responder à pergunta de Isaac, realizada no começo do livro. As Partículas Elementares são as menores Partículas encontradas até então e, acredita-se, que não são constituídas de estruturas menores.

A transição de Conceito Potencial para Conceito Científico é clara. Até o quarto trecho somente havia sido demonstradas novas situações de utilização da palavra partículas. No desenrolar do quarto trecho, partindo do fenômeno de colisão de prótons que ocorre dentro do LHC, existe uma tentativa de conceituação do que podem ser as partículas, porém ela não é generalista e nem apresenta um tecido conceitual desenvolvido para dar suporte. Nesse trecho e nos anteriores a utilização de analogias foi intensa, fazendo com que ao invés do fenômeno, fosse apresentado algo da esfera intuitiva que pudesse ser melhor compreendido.

Um pouco mais a frente, Quarks, Léptons e Partículas Mediadoras são apresentados. Eles aparecem somente para que as partículas como Prótons, Nêutrons e, erroneamente, os Elétrons não possam ser qualificados como as menores partículas existentes.

No segundo trecho onde partículas elementares são conceituadas, uma rede conceitual é formada, com relações diretas do conceito principal com conceitos base. Um desenvolvimento sucinto é realizado, onde Bóson repassa todas os conceitos intimamente atrelados, e desenvolvidos na narrativa, ao conceito de Partículas Elementares. É nesse momento que podemos categorizá-lo como *Conceito Científico*.

O próximo e último conceito é o de Anti-partículas. Quando abordam o fenômeno de Colisão de Prótons, Bóson cita que uma partícula e uma anti-partícula são geradas no processo. Utilizando-se do conceito de Constância de Cargas Universal e de uma lógica matemática

simples, Bóson conceitua as anti-partículas. As relações utilizadas nos auxiliam a categorizá-lo como um *Conceito Científico*, mesmo que o conceito científico, propriamente dito, não tenha sido expresso.

Dos quatro conceitos analisados, três possuem características dos *Conceitos Científicos* teorizados por Vygotsky (2018), sendo eles o conceito de Vácuo, Partículas Elementares e Anti-partículas, e um deles possui características de um *Conceito Potencial*, que é o conceito de Partículas. Pode-se dizer que dentre esses conceitos trabalhados, somente o de Partículas é um conceito corriqueiro, e mesmo quando presenciamos sua utilização, é possível que o significado atrelado a ele não seja o seu conceito científico.

Pode-se dizer que essa obra literária de divulgação científica propicia o contato e a apropriação de características e conceitos da cultura científica ao mesmo tempo que utiliza de uma linguagem simples e objetiva. Logo, existe a possibilidade de essa obra despertar interesse nos leitores, já que a ciência, de uma maneira lúdica, toma uma posição determinante para a compreensão da obra.

Entender como o desenvolvimento dos conceitos atrelados ao campo da física é apresentado é de grande interesse principalmente ao se pensar que estudando essas apresentações, podemos traçar rumos para deixar a atividade de divulgação científica, nesse modelo textual, mais efetiva.

Ao escrever o livro, a autora tem como objetivo divulgar o campo de estudos da Física de Partículas. Esse pode ser considerado um trabalho de democratização da ciência. Ao abordar temáticas contemporâneas e que estão no foco dos grandes centros de pesquisa, a autora contribui para que as atividades de divulgação científica se fortaleçam no cenário brasileiro, e que sigam orientando para a “produção da cidadania, com vistas ao desenvolvimento dos sujeitos enquanto cidadãos ativos” (PINTO, 2013, p.214).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Sheila Alves de. Física Divertida: Teorias de Einstein na revista Ciência Hoje das Crianças. **Revista da SBEnBIO**, Associação Brasileira de Ensino de Biologia, n. 9, p.3272-3283, 2016.
- AULER, Décio.; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científico-tecnológica para quê?. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2018.
- ASBAHR, Flávia da Silva Ferreira. Sentido pessoal, significado social e atividade de estudo: uma revisão teórica. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 18, n. 2, p.265-272, ago. 2014.
- ASBAHR, Flávia da Silva Ferreira. A pesquisa sobre a atividade pedagógica: contribuições da teoria da atividade. **Rev. Bras. Educ.**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 108-118, ago. 2005.
- DIAS, Maria Sara de Lima et al. A formação dos conceitos em Vigotski: replicando um experimento. **Psicol. Esc. Educ.**, Maringá, v. 18, n. 3, p. 493-500, dez. 2014.
- DUARTE, Newton. Relações entre ontologia e epistemologia e a reflexão filosófica sobre o trabalho educativo. **Revista Perspectiva**. Florianópolis, v. 16, n. 29, p. 99-116, jan. 1998.
- EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. Califórnia: Elsevier - Campus, 1979.
- FOUCAMBERT, Jean. **A leitura em Questão**. Trad. Bruno Charles Magne. - Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- GALVÃO, Cecília. Ciência na literatura e literatura na Ciência. **Interacções**, n. 3 p. 32-55, 2006.
- GÓES, Maria Cecília Rafael de. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. **Cadernos Cedes**, v. 20, n. 50, p.9-25, abr. 2000.
- GÓES, Maria Cecília Rafael de; CRUZ, M. N. Sentido, significado e conceito: notas sobre as contribuições de Lev Vygotsky. **Pro-Posições**, v. 17, n. 2, p. 31-45, 29 fev. 2016.
- GOUVÊA, Guaracira. **A Divulgação Científica para Crianças: o caso da Ciência Hoje das Crianças**. 2000. Tese (Doutorado em Biociências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- GRILLO, Sheila Vieira de Camargo. Divulgação científica na esfera midiática. **Revista Intercâmbio**, volume XV. São Paulo: LAEL/PUC-SP, 2006
- LEONTIEV, Alexis Nikolaevich. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Livros Horizonte, 1978.

LIMA, Guilherme da Silva; GIORDAN, Marcelo. **Da reformulação discursiva a uma práxis da cultura científica: reflexões sobre a divulgação científica**. História, Ciência e Saúde-Manguinhos, 2020, No Prelo.

MARTINS, I.; NASCIMENTO, T. G.; ABREU, Teo Bueno de. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, 2004.

MARTINS, I. P.; PAIXÃO, M. de F. Perspectivas atuais ciência-tecnologia-sociedade no ensino e na investigação em educação em ciência. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: Editora UnB, 2011.

MASSARANI, Luisa. (Org.). **O pequeno cientista amador - a divulgação científica e o público infantil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2005.

MASSARANI, Luisa; MOREIRA, C.; BRITO, F. (Orgs.). **Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência/UFRJ, 2002.

MASSARANI, Luisa. (Org.). **Ciência & Criança: A divulgação científica para o público infanto-juvenil**. Rio de Janeiro: Museu da Vida, 2008.

MASSARANI, Luisa. Textos científicos para crianças. IN: ALMEIDA, Maria José P. M. e SILVA, Henrique César. II Encontro Linguagens, Leituras e Ensino da Ciência. Campinas, Graf. FE/ UNICAMP, 2000, p.61 – 74.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis: Vozes, 2007.

PAÇO, Gláucia Machado de Aguiar. **O Encanto da literatura infantil no CEMEI Carmem Montes Paixão**. 2009. Monografia (Graduação). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: Mesquita, 2009.

REIS, José. Professor José Reis: um divulgador da ciência. **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro, nº 1, ano 1, p. 77-78, jul/ago 1982.

ROBERTO, Amanda Mendes; SILVA, Clarice Ágata da. **Gente tem, bicho também: Um estudo da apropriação de um livro de Ângelo Machado pelas crianças do ensino fundamental I**. 2018. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto: Mariana/ MG, 2018.

ROSA, Daniela; TERRAZZAN, Eduardo. O uso de Textos de Divulgação Científica para Ensinar Ciências nas Séries Iniciais e a Produção Textual das Crianças. Qualis Nacional A. ISBN Inexistente. In: **IV Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul - IV ANPED-SUL**, 2002, Florianópolis, SC. Na Contracorrente da Universidade Operacional, 2002.

SALES, Lilian Maria Ferreira. **A retextualização na formação do leitor crítico e criativo**. 2016. Dissertação – Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA): Sobral, 2016.

SÁ-SILVA, Jakson Ronie; ALMEIDA, Cristovão Domingos de; GUINDANI, Joel Felipe. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p.1-15, jul. 2009.

SCHOROEDER, Edson. Conceitos espontâneos e conceitos científicos: o processo da construção conceitual em Vygotsky. **Atos de Pesquisa em Educação**, Blumenau, v. 2, nº 2, p. 293-318, 2007.

SILVA, Leandro Londero da; PIMENTEL, Naida Lena; TERRAZZAN, Eduardo. As analogias na revista de divulgação científica Ciência hoje das crianças. **Ciência & Educação**, Bauru, vol.17, n.1, p.163-181, 2011.

TAKIMOTO, Erika. **Isaac no Mundo das Partículas**. Rio de Janeiro: Rocco, 2017.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2018.