

O livro paradidático no ensino de Física – uma análise fabular, científica e metafórica da obra *Alice no País do Quantum: A Física Quântica ao alcance de todos*⁺

*Aguinaldo Robinson de Souza*¹

Universidade Estadual Paulista – Campus de Bauru
Bauru – SP

*Laura Aparecida dos Santos Neves*²

Escola Técnica Estadual (ETC) Elias Nechar
Catanduva – SP

Resumo

*Neste artigo apresentamos uma análise fabular, científica e metafórica da obra *Alice no País do Quantum: A Física Quântica ao alcance de todos*. O objetivo é apresentar, através da análise, subsídios que contemplem ao professor de escolas de Ensino Médio, como um livro paradidático pode ser utilizado em sala de aula para o ensino de conceitos de Física Quântica. O tema, apesar de complexo, é passível de ser desenvolvido numa perspectiva analógica e metafórica, dentro do nível fabular, científico, temporal e espacial. O livro paradidático deve ser considerado como um material de suporte ao livro didático complementando as atividades que propiciem o desenvolvimento do entendimento de conceitos não contemplados numa abordagem de senso comum.*

Palavras-chave: *Física Quântica; Analogias; Metáforas.*

Abstract

*In this paper we present a fable, scientific and metaphorical analysis of the book *Alice in: An Allegory of Quantum Physics*. The objective is to*

⁺ The paradidactic book and teaching of Physics – A fable, scientific, and metaphorical analysis of *Alice in Quantumland: An Allegory of Quantum Physics*

^{*} *Recebido: fevereiro de 2016.
Aceito: julho de 2016.*

¹ E-mail: arobinso@fc.unesp.br

² E-mail: lauraneves@netsite.com.br

present, through the analysis, subsidies that address the teacher of high schools, how a paradidactic book can be used in the classroom for teaching concepts of quantum physics. The issue, though complex, is likely to be developed in an analogical and metaphorical perspective, in the fable, scientific, temporal and spatial level. The paradidactic book should be considered as a support material to the textbook complementing the activities that allow the development of the understanding of concepts not covered in a common sense approach.

Keywords: *Quantum Physics; Analogies; Metaphors.*

I. Introdução

Os textos de divulgação científica e em particular os livros paradidáticos têm como característica principal a busca pela atenção do leitor, atraí-lo para o mundo da ciência, conquistando-o e, no caso do ensino de Física, proporcionar uma visão nova, atraente e próxima do cotidiano do estudante (BENJAMIN, 2000).

Discute-se, atualmente, a premência da elevação do nível cultural da população visando o entendimento dos avanços recentes nos campos científico e tecnológico. O livro paradidático é visto como uma alternativa, conceitual e qualitativa, com um sentido e uma relação com a vida real, estimulando a curiosidade e a observação, levando ao questionamento, à reflexão, propiciando o gosto pela leitura e criando oportunidades para que os estudantes possam vislumbrar respostas às suas questões, além do espaço escolar (ZANETIC, 1997). É crescente o número de estudos, na área de ensino de Física, que têm como foco a importância da utilização de textos alternativos nas salas de aula e também em espaços alternativos como podemos verificar nos trabalhos de Rodrigues (2015), Silva (1997) e Zanetic (1989).

Além desta perspectiva, o gosto pela leitura deve ser disseminado: aproveitando a espontaneidade dos futuros leitores para a leitura de temas contemporâneos. A escola deve ser o espaço de preferência para o desenvolvimento destas atividades, tornando a leitura uma ação prazerosa. A leitura busca a compreensão do mundo; o leitor deve ter a consciência do que está lendo e buscar um envolvimento com o texto. A leitura, como um ato de estudo, não deve ser considerada como um passatempo, mas uma atividade séria, onde os leitores devem procurar investigar e classificar as dimensões opacas do seu conhecimento. Segundo Azevedo (1982), “Se fizer com que os alunos leiam algum texto e depois criar em sala de aula condições de discussão e conversação com a leitura, o professor poderá obter resultados positivos com relação a objetivos efetivos”. Ainda segundo o mesmo autor, o professor não pode prescindir da discussão e da conversação sobre os textos propostos junto aos alunos no decurso do estudo de um conceito, de resultados obtidos num experimento ou da observação de fenômenos.

A leitura tem um papel essencial e o professor deve oferecer as oportunidades para que

o aluno desenvolva as suas habilidades de leitura crítica e seletiva, de tal modo que consiga obter informações na literatura tanto científica como nos textos em geral, de uma perspectiva de formação científica com reflexos no seu desempenho como cidadão (DE LIMA, 2015).

II. Uma introdução à análise do livro paradidático

O livro *Alice no País do Quantum: A Física Quântica ao alcance de todos*, de autoria de Robert Gilmore (Physics Department, Drexel University, Philadelphia, PA, USA) é uma transcodificação do romance infanto-juvenil *Alice no País das Maravilhas*, de Lewis Carrol, publicado em 1865 (CARROL, 2015). O livro de Lewis Carrol é uma obra universal e facilmente adaptável a qualquer tempo, a qualquer espaço e propicia vários ângulos de percepção.

O autor produziu um intertexto com o romance de Lewis Carrol com o objetivo de apresentar e clarear os conceitos da Física Quântica através das aventuras da personagem Alice. No presente artigo a obra *Alice no País do Quantum* será qualificada como um romance de ficção pedagógica.

Alice no País do Quantum tem como ponto de partida o romance *Alice no país das Maravilhas*, desqualificando-o, inicialmente, na sua qualidade de algo já interpretado para em seguida requalificá-lo, tendo como consequência uma nova interpretação. *Alice no País do Quantum* se converte em outro discurso a ser interpretado, que é desqualificado como um romance que tem como objetivo o ensino de Ciências. Como toda aventura é um desafio à descoberta.

Iniciando pela análise dos nomes dos autores, Lewis Carrol é o pseudônimo de Charles Lutwidge Dogson, cidadão inglês, professor de Matemática que viveu no século XIX, enquanto que Robert Gilmore é professor de Física numa Universidade Americana. *Alice no País das Maravilhas* apareceu, inicialmente, como um manuscrito intitulado: *As aventuras de Alice embaixo da Terra*. Após sete anos Carrol escreve *Alice através do espelho*. Nesta obra, Alice não entra pela toca de um coelho, mas sim penetra no mundo da fantasia após atravessar o espelho de sua casa. Sem muita dificuldade, podemos estabelecer alguns pontos de contato entre o início do texto *Alice no País do Quantum* com *Alice através do espelho* e não com o livro *Alice no País das Maravilhas*, pois assim como neste, Alice atravessa o espelho, naquele ela atravessa o tubo de imagem da televisão.

Outro detalhe importante a ser comentado é que no livro *Alice através do espelho* há o famoso poema *Jalberwocky*, que traz como traço marcante a utilização do *nonsense*, ou seja, aquilo que não faz sentido, que foge ao racional. Da mesma maneira que Alice não consegue lê-lo, a Alice do Quantum não consegue entender o que está à sua volta quando adentra dentro da televisão. Nas palavras de Alice “Não entendi nada do que vi até agora: queria encontrar alguém que me desse uma boa explicação sobre o que está acontecendo em volta de mim” (GILMORE, 1998).

Na escala submicroscópica, no entanto, as previsões da Mecânica Quântica são

consistentemente confirmadas através da obtenção de resultados experimentais. Até mesmo essas previsões, que parecem implicar em um retrato absurdo da realidade, estão sustentadas pelas evidências experimentais.

Outra referência que deve ser citada, apenas como um exemplo, é que a personagem Alice de Carrol serve apenas como um referencial universal para a outra personagem: Alice de Gilmore. Sem a pretensão de criar um texto de natureza poética, o autor criou paráfrases para as personagens Alices. Percebem-se as semelhanças quando aparece o personagem do *Contador de Incertezas*. No segundo capítulo do livro de Gilmore, Alice visita o *Banco Heisenberg* e em determinado momento chega a um escritório em que havia uma escrivaninha entulhada de livros onde os números ficavam mudando constantemente e nas palavras do personagem *Contador de Incertezas* “...uma figura meio vitoriana na frente de Alice”, disse: “Quer saber sobre a Incerteza não é isso. Mocinha?” (GILMORE, 1998).

No sexto capítulo: Realidade Virtual, a personagem Alice depara-se com outra Alice. Uma parecida com a outra, “como um negativo de suas fotografias” (CARROL, 2015), sempre em nível invertido. Quando o autor Lewis Carrol criou as duas personagens Alice: *Alice 1 do País da Maravilhas* e *Alice 2 através do espelho*, a personagem Alice 2 continua as aventuras das duas Alices. É interessante observar que a personagem Alice de Gilmore mostra-se surpresa ao descobrir que a paisagem neste capítulo do livro tinha mudado dramaticamente e nas suas palavras: “Tudo parecia estar invertido” (GILMORE, 1998).

Este capítulo é o núcleo do livro *Alice no País do Quantum*, pois conota um movimento em um espelho. Quando a personagem *Alice através do espelho* encontra o poema *Jalberwocky* num livro e não consegue lê-lo, logo em seguida deduz que é preciso usar o espelho para poder decifrar as palavras no País do espelho pois tudo acontece ao contrário. Neste livro, o *momentum* tem o significado de *movimento*. São as mudanças no *momentum* que desviam os objetos de suas trajetórias e fazem as coisas mudarem. O espelho também é um símbolo de movimento ao contrário.

A personagem de *Alice no País do Quantum* coloca um capacete e num toque de mágica passa a entender tudo o que não entendia assim como a personagem *Alice através do espelho* percebe que para ler o poema era necessário colocá-lo à frente de um espelho. À primeira vista o poema apresenta vários signos verbais que aparentemente não existem na língua inglesa, são neologismos e por isso sua leitura é dificultada. No *País do Quantum*, a grande dificuldade é a interpretação dos signos científicos como, por exemplo, o elétron, o fóton, o spin, a energia cinética, a energia de massa de repouso, o nêutron, os bósons, os férmions etc. Outro exemplo de intertextualidade entre os livros, que é apresentado no mesmo capítulo, é a interpretação sobre as partículas virtuais. O autor associa as personagens Alices às seguintes imagens (GILMORE, 1998):

- a) “Os fótons virtuais produzem pares virtuais de elétrons e pósitrons, que se anulam entre si e voltam a ser um fóton”;
- b) “O que aconteceu com você teria parecido para o resto do mundo como um fóton

não usual de alta energia liberando sua energia para criar uma Alice e uma anti-Alice”;

c) “Afinal de contas, você está vivendo os acontecimentos na ordem inversa?”;

d) “De qualquer forma, o processo de aniquilamento converteu você em anti-Alice e você viajou para o passado até ser criada, junto com a Alice”.

Fica claro, portanto, que para criar a sua Alice, o autor Robert Gilmore a fez imitando o movimento das partículas. O processo de aniquilamento das Alices de Carrol foi realizado criando uma anti-Alice que se transformou em uma nova Alice: “Ele (o fóton) deixou de existir no instante em que você inverteu sua travessia no tempo. Apesar das observações mostrarem que por algum tempo houve três de você: duas Alices e uma anti-Alice, na realidade todas elas eram você” (GILMORE, 1998).

Nesta parte do texto são apresentadas todas as Alices que decodificam o processo científico: as duas Alices (a do *Pais das Maravilhas* e a do *Através do Espelho*) e a anti-Alice do *Pais do Quantum*. Assim, a personagem Alice no *Pais do Quantum*, quando em uma primeira leitura assumir uma conotação de ficção científica (de literatura do absurdo ou surreal), percebe claramente uma intertextualidade com o poema e as Alices de Carrol.

O discurso científico compõe-se de mensagens-objeto e nele é empregada a linguagem para falar de algo que não é a própria linguagem, como num livro de receitas culinárias (LOPES, 1986), não é inteligível como parece, pois apesar dos signos científicos, não há realmente uma ruptura com as regras preestabelecidas da sintaxe. Obviamente os vocábulos científicos subvertem o texto, contudo esse desvio não foi suficiente para impedir a decodificação do livro.

Podemos então perguntar: qual seria a função deste livro? Apenas uma brincadeira de Robert Gilmore? Uma das interpretações seria a de que a Mecânica Quântica personifica algo difícil de ser entendida. No momento em que a teoria foi sendo desenvolvida, tornou-se um tipo de ameaça à interpretação determinista do mundo e só poderia ser contemplada através do mundo da fantasia.

Uma interpretação dessa natureza terá certo fundamento se levarmos em consideração o fato de que por trás do mundo de aparências que se pode chamar de *Pais das Maravilhas*, *Pais do Espelho* ou *Pais do Quantum*, existe um mundo real, sem as maravilhosas cores do mundo encantado. Este outro mundo que precisa ser explicado, um mundo chamado de realidade, onde só em nível metafórico podemos alcançá-lo. Outra interpretação que podemos desenvolver, considerando o uso de metáforas, diz respeito ao entendimento e experiência de um conjunto de coisas em termos de outros já conhecidos (LAKOFF, 1980).

III. Os níveis Fabular e Científico

Alice estava entediada. Olhava para a tela da televisão e divagava: “Queria ser como a outra Alice”, que descobrira uma terra cheia de seres interessantes e acontecimentos estranhos. “Vê uma imagem da televisão se transformando numa névoa de pontinhos brilhantes que fluíam para dentro da televisão. Levantou-se, tropeçou no livro caído no chão; caiu de cabeça: Não consigo ver nada com esses pontos dando voltas ao meu redor... é como estar perdida numa

tempestade de neve... Não dá para saber onde estou” (LAKOFF, 1980). Neste momento da narrativa a estória começa a apresentar uma multifocalização: a aventura de Alice que se vê envolvida por “pontinhos dançantes que fluíam para dentro da imagem” da televisão, que pode ser classificada no mundo da ficção, e a situação do espaço que pode ser explicada do ponto de vista científico.

Pelo caráter científico da estória, a figura de Alice se dilui e a narrativa se prende ao elemento “espaço”; um espaço virtual teórico tópico (conhecido) sobreposto por um espaço atípico (estranho) ficcional. Embora um espaço de ficção constitua o cenário da narrativa, a espacialidade é dimensionalmente mensurável (que pode ser determinada, verificada), horizontalmente e é própria do espaço humano ou natural. O espaço adquiriu assim uma importância particular, pois objetos e situações são descritas em si, independente da referência à uma ação ou à uma atitude da personagem Alice.

A metaforização do espaço virtual tópico se dá pela necessidade de explicar um fato, de difícil constatação, por outro facilmente verificável (LAKOFF, 1980), realizando uma extensão ou generalização probabilística do conhecimento. Pela necessidade de competência na esfera analítica conceitual, o domínio do código verbal se assenta na capacidade de simbolização.

“Alice cai num labirinto. Alice se vê envolvida por uma névoa de pontinhos. Sente os pés numa superfície plana e dura. Os pontinhos somem” (GILMORE, 1998). A História, a Literatura (BORGES, 2008) e a Mitologia (ECO, 2013) construíram belíssimas imagens de labirintos: a ideia de um lugar onde, uma vez nele, não se tornará a sair. O labirinto seria o símbolo de onde o pensamento se instaura pelas suas sinuosidades e armadilhas. É a personagem Alice quem vai entrar no labirinto do mundo quântico, tentando desvendá-lo através da linguagem, uma linguagem metafórica (GRIFFITHS, 2011), a dos paradoxos do pensamento. Terríveis são os labirintos espaciais onde estações, plataformas, ruas, passagens, portas e terrenos vazios surgiram na imaginação. No entanto, mais terrível ainda é o labirinto do tempo.

“A relação entre o tempo e a energia é a mesma para todos, então”, exclama Alice. “Aqui não somos nós que nos perdemos, mas sim, o nosso pensamento” (GILMORE, 1998). É o pensamento que é posto à prova nas bifurcações da lógica dos sentidos, e que deve se perder nas curvas da linguagem. É assim que a personagem Alice deve conhecer o mundo do quantum: penetrando no coração onde habita o *nonsense*.

Alice está agora instalada no labirinto do quantum. Formas indefinidas cercam-na. Alice observa uma pequena figura, difícil de ser definida, pulando de um lado para o outro muito rapidamente. A figura parecia carregar uma bengala ou um guarda-chuva fechado apontando para cima. Alice se apresenta; a figura se apresenta como sendo um *elétron spin-para-cima*, como também seu amigo *elétron spin-para-baixo*. O termo *spin* é empregado na Mecânica Quântica como sendo uma característica de uma partícula; apresentando um momento angular e magnético (GRIFFITHS, 2011).

Instala-se neste momento da narrativa textual a intertextualidade do discurso poético/científico. Entendemos a intertextualidade como sendo a relação do científico com o literário declarado pelo próprio autor: “Este livro é uma alegoria da Física Quântica... Grande parte da história é pura ficção e os personagens são imaginários embora as notas que descrevem o mundo real sejam verdadeiras” (GILMORE, 1998).

O autor tem por objeto de criação explicar, através do literário, os conceitos científicos fazendo vasto uso da metalinguagem durante ou no final dos capítulos. Atribuir tal ou qual sentido a uma mensagem significa construir uma metalinguagem parafrásica; as paráfrases podem ou não ser científicas: construtos linguísticos, tal como as fórmulas matemáticas ou químicas (LOPES, 1986).

O *elétron* é antropomorfizado e o livro exige uma leitura múltipla. O *elétron* representa a voz do autor que engloba um saber científico estilizando a temática ficcional na mistura dos discursos (GILMORE, 1998): a) pedido de Alice o elétron diminui a sua taxa de agitação, provocando sua expansão, tornando-se indefinido; b) Alice se encontra numa estação ferroviária lotada por “figurinhas” que se espremiam e se movimentavam rapidamente. Todas muitíssimas parecidas; - Todas as figurinhas tomariam o trem de ondas para uma “tela”; c) cada vagão do trem só levaria dois elétrons, que deveriam formar pares de spin-para-cima e de spin-para-baixo, para estarem de acordo com o princípio de exclusão de Pauli; d) por não ser um elétron, Alice poderá ocupar qualquer vagão; e) a viagem foi monótona; f) o fósforo da tela é excitado pelos elétrons provocando a emissão de fótons; g) todas as partículas se reuniam no mesmo vagão, para surpresa de Alice, foi uma viagem rápida, na velocidade da luz; h) chegam a uma plataforma e todos correm para longe dali; i) Alice se vê perdida no meio da multidão de elétrons, e sente perder o amigo; j) o amigo reaparece e explica a Alice que todos são o mesmo, são todos idênticos; k) todos os elétrons gritam “Eu sou o mesmo” e desaparecem; l) Alice sai da estação, vê-se numa rua e caminha pela calçada; m) encontra um coelho, preocupado, porque perdera a chave; n) o coelho diz: “Eu tenho que entrar diretamente”; q) o coelho corre rapidamente em direção à porta; o) a velocidade é tamanha que Alice só vê uma série de imagens sobrepostas do ponto de partida até a porta; p) a figura ricocheteia de volta na mesma velocidade; r) o coelho repete a ação, várias vezes; t) o coelho explica que a probabilidade dele atravessar a porta era muito pequena, mas deveria entrar; u) Alice vai embora e, à distância, vê o coelho passando pela porta. Mais à frente Alice vê um grupo de operários descarregando tijolos de um carrinho. Os operários jogam uma planta no terreno e começam a jogar os tijolos aleatoriamente sobre ele. Alice se espanta. O mestre de obras explica que assim o fazem até estabelecer a distribuição de probabilidades para o resultado. Alice não fica convencida, mas percebe que, aos poucos, era possível distinguir paredes e cômodos que iam surgindo. O mestre de obras explica que com poucos tijolos não há nenhum tipo de padrão, mas com um maior número a probabilidade de formação de um padrão, é maior. Muito confusa Alice continua andando pela rua e vê um cartaz numa janela; não entende do que se trata e, desesperada, deseja encontrar alguém que lhe explique o que está acontecendo; v) alguém escuta sua fala e ela é

aconselhada a procurar quem lhe explique a Mecânica Quântica e, por isso, deveria ir ao Instituto de Mecânica; x) o informante da Alice diz a ela que para tirar as suas dúvidas sobre o cartaz que estava na janela e o significado de “eV” contido nele, ela deveria ir ao banco Heisenberg (GILMORE, 1998).

No primeiro capítulo do livro os elétrons saltitam, crescem, diminuem, brincam, ocupando o espaço; apresentam o típico comportamento de uma criança. A infantilidade apresentada pelos elétrons é o que permite ao autor combinar as virtudes de um ficcionista com as de um cientista. As crianças sentem-se à vontade com objetos e animais concebidos como seres humanos. Assim, elétrons falantes constituem um mundo infantil.

Na literatura infantil, seres inanimados e animais como, por exemplo, o coelho que Alice encontra na plataforma do trem, é usado para fins didáticos desde tempos remotos. O tom profissional em que os elétrons conversam com Alice, é em parte uma metáfora alegórica: elas são infantis, mas procuram não parecerem. Por outro lado, o tom é a tal ponto reforçado pela forma como explicam a sua essência, pelos tópicos abstratos que abordam e que são tomados por símbolos científicos e não literários.

Todo o quadro é colocado para desmistificar o caráter referencial com que a ciência aparentemente se recobre, propondo respostas a um mundo concreto, mas com aparência abstrata por ser não palpável. Os conceitos científicos são decodificados para serem codificados num plano científico. O coelho é metaforizado na figura retórica da prosopopeia. É a imagem que tenta explicar à Alice o “comportamento de partículas em termos de distribuições de probabilidades” (GILMORE, 1998).

IV. O Plano Científico

As partículas virtuais e a relação de Heisenberg – a existência de uma partícula depende de que ela tenha uma energia mínima específica (energia de massa de repouso). O empréstimo de energia depende de uma constante: energia e tempo multiplicados. Quanto maior a massa de repouso, maior a energia e menor o tempo de sua duração. A unidade “eV” é a quantidade de energia de uma partícula e é o que determina o que ela é capaz de realizar. Algumas partículas têm energia própria suficiente. Fótons têm massa de repouso numa (não têm massa, ou sua massa é muito pequena) e viajam à velocidade da luz. A luz é constituída de quanta (partículas de luz), conhecidos como fótons. O “quanta” é um pequeno pacote de energia. Tudo é feito de um quanta com certo tamanho; este nome dá origem ao nome Física Quântica.

Ondas de rádio são feitas de fótons – fótons de radiofrequência: fótons com comprimentos de onda grande, baixa frequência e pouca energia. Os fótons da luz visível têm maior frequência e mais energia. Os fótons com maior energia são aqueles encontrados nos raios-x e nos raios gama.

Surge a questão: O que é energia? A energia possui várias formas; alguns exemplos

são a Energia Cinética: qualquer objeto que estiver em movimento terá energia cinética (cinética significa movimento). A Energia Potencial, a Energia Elétrica ou Química é a energia associada aos elétrons que compõem os átomos. Uma forma de energia pode ser convertida em outra. A Energia Cinética de uma partícula é nula quando em repouso, embora sua posição lhe confira energia potencial. A Energia Potencial, convertendo-se em Energia Cinética provoca um aumento na velocidade de uma partícula. Não há restrição óbvia sobre a quantidade de energia que qualquer objeto possa ter.

V. Os Planos Fabular, Metafórico, e o Instituto de Mecânica

Um Banco (Financeiro) com características tradicionais: amplo salão dividido em barreiras de filas e caixas onde partículas virtuais esperam por empréstimo de energia. Estas partículas são visíveis na fila do caixa e vão, com o tempo, transformando-se em figuras com uma cor brilhante.

Um par de figuras materializa-se: elétron e pósitron; são como o negativo e o positivo de uma fotografia. Uma gerente distribui empréstimos de energia para as partículas. O empréstimo de energia é comparado à taxa de câmbio: empréstimo muito alto, prazo curto de pagamento. A energia funciona como dinheiro: dólares, reais, notas, moedas, caderneta de poupança ou investimentos. Uma forma de energia pode ser convertida com o depósito de papel moeda em caderneta de poupança.

Alice no Instituto de Mecânica: uma estrutura de tijolos envelhecida, “castigada pelo tempo” (GILMORE, 1998), provavelmente esta figura está relacionada ao tempo real de existência da Mecânica, assim como é altamente significativa a existência de uma sala “ampla e escura” (GILMORE, 1998), que pelo tempo de sua existência acumulou vários conceitos, mas não consegue explicar-se com clareza.

Também significativa é a presença de dois personagens presentes numa mancha de luz. A luz no caso simboliza os novos conceitos que começam a aparecer no estudo da Física. A imagem de oposição entre velhos e novos conceitos pode ser decodificada também entre o “computador” e a “máquina a vapor” (GILMORE, 1998). Os dois personagens que se confrontam: o velho (clássico) e o novo (quântico). Um deles é alto e de silhueta angular, usa camisa branca engomada com colarinho duro e alto, gravata estreita, vestindo um macacão: representa a Mecânica Clássica, desenvolvida apenas nos laboratórios, ou seja, a partir dos conhecimentos empíricos. O outro personagem é menor e mais jovem: rosto redondo, óculos grandes com aro de metal, veste um avental branco de laboratório, uma camiseta com uma estampa atômica, não é muito nítido devido às cores desbotadas: representa a Mecânica Quântica. Os dois personagens jogam bilhar.

Alice é levada para uma sala *g Gedanken*, sala de pensar. O chão da sala é aberto e atravessado por fochos de luz: uma figurativização própria da ficção científica, e que olhando fixamente transformava pensamento em imagens reais. O pensamento de Alice se transformava em coelhos. Os pensamentos do Mecânico, inicialmente em ondas e depois em ondas circulares

partindo do centro da água e em seguida longos sulcos paralelos que se movimentavam de um lado para o outro.

Continuando o exercício de pensar, uma barreira foi colocada dividindo o chão em duas partes. As ondas paravam na barreira e tudo ficou calmo e parado; mas uma fenda foi feita na barreira: as ondas passavam pela brecha e se espalhavam circularmente. Em seguida, duas fendas foram feitas: uma à esquerda e outra à direita do ponto central da barreira. Outro tipo de movimento apareceu: o movimento da água foi congelado no lugar em que estava. Duas setas fluorescentes apareceram para marcar as regiões de amplitude máxima e mínima. Movimentando a fenda de um lado para o outro, o padrão de ondulações avançava e retrocedia. Estas imagens explicam o fenômeno de interferência construtiva e destrutiva, isto é, quando as duas ondas se encontram estas podem se cancelar ou somar-se mutuamente. Temos aqui apresentado a metáfora sobre a interferência das ondas.

Outro exemplo de figura (imagem) metafórica de interferência e probabilidade é quando a sala de *gedanken* transforma-se em área blindada com barreiras reforçadas e altas ao longo do perímetro. De um lado a outro, no meio do chão, erguia-se uma parede blindada com uma abertura estreita, localizada um pouco à esquerda do centro.

O personagem Mecânico usa uma metralhadora e começa a disparar: algumas balas acertavam a parede e zumbiam para todas as direções, algumas passavam pelas aberturas na barreira e chegavam à parede do outro lado, parava imediatamente e se elevava devagar para ficar flutuando no ar bem acima do ponto onde atingira a parede. Neste experimento há uma maior probabilidade de a bala passar direto pela fenda do que resvalar na borda da abertura e se deslocar muito para um dos lados.

Num segundo momento, a fenda é deslocada um pouco para a direita, a metralhadora recomeça a disparar e o resultado parece ser igual ao anterior. Em seguida, duas fendas estão presentes. Num terceiro momento, o experimento é realizado com um “canhão de elétrons”. Os elétrons subiam degraus e entravam no canhão e eram disparados num fluxo regular. Via-se um clarão de luz no lugar onde cada um deles atingia a tela. Os clarões, ao apagarem, deixavam uma estrelinha brilhante que ficava marcando o lugar onde os elétrons tinham pousado. Alice observa que a distribuição de onde os elétrons tinham pousado era bem diferente daquela obtida com as pilhas de balas da metralhadora.

VI. O Plano Simbólico

Nos capítulos um, dois e três do texto, encontramos a personagem Alice num espaço restrito. No capítulo quatro Alice se vê num espaço amplo, mítico: o bosque, e embora ainda seja caracterizado como um labirinto. O capítulo inicia-se com uma metáfora: “Alice adentrou o bosque e foi seguindo por um caminho que serpenteava por entre as árvores...” (GILMORE, 1998). Três símbolos aparecem simultaneamente: o bosque, a serpente e o gato. O bosque estaria no nível de inconsciência de Alice, algo que gera apreensão. A serpente também está

associada às profundas camadas da consciência: é como se Alice estivesse saindo do estado de inconsciência para um mundo aparentemente estranho a ela. A menina tem que tomar uma decisão, escolher um caminho. Nas palavras da personagem Alice: “De qualquer forma, consegue ir a várias direções ao mesmo tempo, então acho que deveria tentar a mesma coisa de novo” (GILMORE, 1998). Alice é uma criança e como tal é emocionalmente egocêntrica pela inteligência distanciada da emoção que lhe é necessária, portanto parece perdida por não conseguir um raciocínio pontual para resolver o problema e qual atitude deve tomar. O espaço que a envolve não lhe diz nada, não aguça a sua imaginação.

No capítulo quatro a menina é espreitada por um gato que pouca ajuda lhe dá ao ser interrogado. O gato é um símbolo do distanciamento intelectual; todos os gatos são distanciados, e desde que este sorri, é um observador divertido. Pode desaparecer porque pode alhear-se do seu meio. Alice continua a procurar uma saída no labirinto em que se encontra até deparar com um campo dividido: “Como se fosse um tabuleiro do jogo de xadrez, isto faz com que percebamos que Alice, aparentemente perdida, toma o controle da situação, já que o tabuleiro de xadrez simboliza o controle de si mesmo” (GILMORE, 1998).

Além do gato, pelo que é apresentada no texto, a presença do “Patinho Feio”, que vira cisne, da “Pequena Sereia” e do “Imperador”, tem apenas o recurso paródico, ilustrativo que aproxima o mundo da fantasia do jovem, herdado da infância, ao mundo da Física, ou mais precisamente, são recursos utilizados para explicar o “problema da medida” em Mecânica Quântica.

Nos capítulos finais: cinco, seis, sete, oito e nove, há poucas variantes do que foi apresentado, embora sejam entremeados por uma carga maior de informações científicas.

Tudo indica que para o autor, quanto mais absurdos forem os postulados da reflexão, os do materialismo científico, mais vigoroso se torna o pensamento. O mundo físico é tão estranho que se colocado simplesmente numa linguagem referencial, seus cânones parecem absurdos. Assim, os átomos falantes constituem aqui um mundo infantil.

Os semas humanos com os quais os átomos se apresentam é que determinam o nível metafórico, ou melhor, o recurso retórico da prosopopeia. Assim, o sema átomo é formado pela combinatória dos semas: falam de si mesmo, entram e saem dos arbustos, põe a cabeça acima de um arbusto, se escondem atrás dos corrimões: não são tão maus. Os Férmions são individualistas. Bósons são sociáveis, andam em gangues, marcham bem juntos, têm liderança, trabalham, são alunos, constroem condições de contorno, formam uma densa multidão. Fótons são animadores e agitadores, nadam no vácuo, aportam, ficam ancorados, são aristocratas, se recusam a participar de qualquer tipo de comércio, são reservados, satisfeitos, com a maneira que levam as suas vidas, sentam-se, moram, têm sócios, gritam, usam óculos escuros, são cidadãos, são família, clã.

A pequena Alice apenas observa e questiona o mundo que se abre a sua frente e por não alterá-lo é a quem o vê mais próximo da “verdade”. Objetar a realidade das “partículas” ou acreditar nelas, não ocorre prontamente a um pequeno estudioso do “espaço físico”. Mesclar

esse estudo, com uma curiosidade ou admiração infantil, no caso de Alice, faz a Ciência parecer menos irreal e dá a qualquer um a impressão de ser tudo muito bom porque educa e instrui uma criança.

As mudanças de tamanho das partículas, análogas às mudanças de tamanho do personagem Alice de Carrol, dá ares de impessoalidade e desenvolve o conceito de ver as coisas como elas são. Provoca admiração de índole científica.

Os conceitos físicos vistos somente através da linguagem, afiados por ela, parecem veicular seu próprio sentido, desvendando tudo aquilo que aos olhos das crianças se mostram escondidos pelos adultos.

É importante que o autor, Robert Gilmore, apresente uma personagem Alice inocente e aparentemente ingênua de todo conhecimento científico, pois assim tudo pode ser mais bem esclarecido.

VII. A combinação dos Planos Literário e Científico

No episódio da queda de Alice, no capítulo sete, num poço fundo até atingir “O nível mais baixo de um átomo de cloro” (GILMORE, 1998), o cientista desvenda mais um dos segredos dos átomos que reproduzem as mesmas palavras do personagem Alice de Carrol: “não há mais nenhum espaço... para que eu ainda possa crescer mais aqui” (GILMORE, 1998). Uma queda num buraco fundo produz um mergulho no raciocínio que gera novos conflitos com o saber e uma questão que se impõe é o de como encontrar uma saída. Se numa interpretação freudiana, o buraco pode significar o útero, Gilmore também coloca no poço o princípio de criação dos átomos: “O que é o átomo?” pergunta Alice. O núcleo é o mestre oculto do átomo: nós, elétrons conduzimos o negócio de formar compostos químicos, de emitir luz de um átomo etc..., mas é o núcleo que realmente controla o tipo de átomo em que estamos. É ele quem toma as decisões finais e estabelece o número de elétrons que podemos ter e os níveis de energia em que podemos colocá-los. O “núcleo aluga a família nuclear, o submundo secreto da Carga Organizada” (GILMORE, 1998).

Assim como na obra *As viagens de Gulliver* de Jonathan Swift, a combinação de animais falantes e as mudanças de tamanho exercem alguma atração direta sobre as crianças. As crianças sentem-se à vontade com animais concebidos como seres humanos: isto toca a fantasia da criança.

No capítulo “Átomos e Vácuo”, os oito elétrons demonstram ares de convenção; a situação é similar a dos animais. Os átomos comportam-se como amigos, não fazem segredos dos processos da natureza; são amistosos, porém francos. A aparência infantil dos átomos é que permite combinar o literário com o científico e o que inicialmente parece absurdo, torna-se natural no mundo da fantasia. Para entrar no “Baile dos Massacarados”, a personagem Alice se define como uma partícula.

Através da criação do neologismo do Baile dos Massacarados, que na verdade é

“máscara”, o autor faz uso deste símbolo para desvendar totalmente todas as particularidades dos átomos. É um símbolo de identificação, ou como no conceito da psicanálise, tem como objetivo ao arrancar a máscara, colocar a “pessoa” na presença de sua realidade profunda. Tudo indica que, aqui, ao tirar a máscara os átomos revelam-se na sua essência.

Duas outras colocações devem ser evidenciadas no capítulo “O Baile dos Massacrarados das Partículas”. A primeira é a única interferência direta que o narrador-autor faz na “história” toda, fazendo uso dos parênteses ele diz: “É uma pena que este livro não tenha ilustrações coloridas, senão você poderia ver como essas cores são” (GILMORE, 1998). A segunda é a referência do caráter polissignificativo da linguagem: “Quando eu uso uma palavra, ela significa aquilo que eu quiser, nem mais, nem menos” (GILMORE, 1998).

VIII. Os níveis Temporal e Espacial

Chegamos ao epílogo da narrativa. No capítulo dez: “Apheira Phantástica da Física Experimental”, é a própria ortografia da palavra, onde o fonema *f* é ortografado como *ph*, que dá uma ideia de como são realizados os experimentos na Física.

Na “pheira” todos os tempos se encontram, aliás, é somente neste capítulo que o tempo aparece como traço característico da obra. O Mecânico Quântico diz: “Todos são cientistas aqui. Este é o grande parque da observação experimental” (GILMORE, 1998). Experiências que caminham desde o homem das cavernas; “Um dos presentes era particularmente cabeludo e passava entre os outros, metido em pele de animais... Ele havia abandonado sua roda e realizava um complicado procedimento com pequenas pilhas de ossos” (GILMORE, 1998); passamos pelos filósofos gregos, pelo século XVII, pelo paradoxo Einstein-Podolsky-Rose, até chegarmos aos nossos dias.

Como observações finais, podemos inferir sobre alguns aspectos da história que se tornam relevantes, como é o caso do “espaço”. A marca dominante da linguagem metafórica usada pelo autor é sem dúvida o espaço. O livro oscila entre o exuberante mundo absurdo da fantasia e o mundo absurdo da realidade acolhendo a ciência e a tendência romanesca. Se em determinados momentos o romance está sujeito ao rigor da observação exata, em outros demonstra o lúdico fantasioso da criança. Todo “espaço” se insere através das histórias infantis.

O percurso figurativo espacial como “vagão de trem”, “sala com colunas altas e paredes de mármore”, “salão”, “escritório grande e moderno”, “escritório com escrivanhinha alta e antiga”, “passagem escura”, “túnel subterrâneo”, “salão bem grande com janelas altas por todos os lados”, “alta parede de pedra”, “largo portão”, “velha e digna casa que parecia uma mansão”, “teto em arco”, “escada larga”, “amplo salão”, “alojamento”, “Longos corredores”, “portões de ferro”, “ampla planície”, “grande construção comercial”, “mansões”, “poço”, “castelo”, “muralha”, “salão que se estreita e estica” e “degraus de pedras” (GILMORE, 1998).

Tudo é grande sob a ótica da criança, e o espaço físico em que se desenvolve a ação se apresenta na forma de uma unidade artificial construída, onde as “partículas” assumem o *status* de personagem, antropomorfizadas, e são criadas pelo próprio movimento que lhes é próprio,

independentemente da ligação com os movimentos da personagem Alice ou a qualquer outro acontecimento.

Em contraposição a este espaço, há aqueles que dão à narrativa um caráter lírico e bucólico que vem harmonizar o ambiente estressante onde os “átomos circulam”: “bosque com caminho que serpenteava por entre as árvores”, “trilha na floresta”, “riachos cruzando a região de um lado a outro”, “caminho que se transforma numa estrada plana”, “parque muito bonito”, “lindos canteiros com flores”, “ao longo do caminho, borboletas coloridas”, “pequeno regato borbulhava”, “curso d’água se derramava numa cachoeira em miniatura”, e “praia” (GILMORE, 1998).

Nestes deslocamentos espaciais, determinados pelas constantes partidas do personagem Alice, está instaurada a sua neutralidade devido ao fato de que ela não estabelece ligações com os átomos, o que ocasiona a supervalorização do espaço. A categoria sêmica da espacialidade é que determina o eixo semântico do livro.

Como já foi dito, as sequências organizadas e explicadas anteriormente, e a presença constante da categoria sêmica da espacialidade, permitem a afirmação de que a “história se torna circular: a partida de Alice, que indica o arcabouço formal da história e sua chegada no mesmo ponto de partida. Ela parte através do sonho e chega através do sonho e o percurso figurativo está instaurado nos conceitos científicos” (GILMORE, 1998).

IX. Conclusões

Os possíveis alunos/leitores da obra paradidática *Alice no País do Quantum* tomarão contato com temas da Mecânica Quântica, um tópico de difícil compreensão. As analogias e metáforas presentes na obra poderão ser uma ferramenta para que este estudo ocorra sem que haja prejuízo, tanto no conteúdo a ser ministrado quanto na avaliação final, pois o estudo será feito de forma prazerosa e trará benefícios, para os alunos que aprenderão um assunto atual e para os professores que ensinarão Física Quântica com uma oportunidade para refletir sobre questões fora do senso comum dos estudantes. A interpretação de senso comum quando contrastada aos postulados da Mecânica Quântica levará a sérias divergências como, por exemplo, a modificação de uma visão determinística de mundo ditada pela Mecânica Clássica, por uma visão probabilística da Mecânica Quântica. Estas divergências mostram o grandioso caminho do pensamento científico abstrato, que nas palavras de Bachelard (BACHELARD, 2016): “Para isso, temos que provar que pensamento abstrato não é sinônimo de má consciência científica, como parecer sugerir a acusação habitual. Será preciso provar que a abstração desobstrui o espírito, que ela o torna mais leve e mais dinâmico.”

O autor, Robert Gilmore, consegue desenvolver conceitos de Mecânica Quântica em uma linguagem fabular acessível aos estudantes. Como não existem fórmulas miraculosas no processo de ensino e aprendizagem, sugere-se que ao se estudar Mecânica Quântica como, por exemplo, no Ensino Médio, o professor inicie utilizando um livro paradidático, agindo como

um mediador para a aproximação com o conceito científico e como facilitador da aprendizagem. Para tanto, é preciso desafiar os alunos ao nível de pensamento superior ao trabalhado em sala de aula, no treinamento de habilidades e incitá-los a aprender. As ações do professor são no intuito de despertar a curiosidade, a dúvida, a pergunta, a investigação e a criação, em um ambiente em que, além de ensinar, o professor aprende, e o aluno, além de aprender, ensina.

Referências bibliográficas

AZEVEDO, A. B. **A compreensão do texto didático de ciências: proposta para um esquema de melhoria**. 1982. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação, UNICAMP, Campinas.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto Editora LTDA, 2016, 314 p.

BENJAMIN, A. A. **Análise de um livro paradidático sobre energia e meio ambiente**. 2000. 184 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru.

BORGES, J. L. **O Aleph**. São Paulo: Companhia das Letras, 2008. 160 p.

CARROL, L. **Alice's Adventures in Wonderland**. Princeton University Press; 150th Anniversary edition, 2015. 136 p.

DE LIMA, L. G.; RICARDO, E. L. Física e Literatura: uma revisão bibliográfica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 32, 3, p. 577-617, 2015.

ECO, U. **História das Terras e Lugares Lendários**. São Paulo: Editora Record, 2013. 478 p.

GILMORE, R. **Alice no País do Quantum: a Física Quântica ao alcance de todos**. São Paulo: Zahar, 1998. 196 p.

GRIFFITHS, D. J. **Mecânica Quântica**. São Paulo: Pearson, 2011. 350 p.

LAKOFF, L.; JOHNSON, M. **Metaphors we live by**. Chicago: Chicago Press, 1980. 256 p.

LOPES, E. **Metáfora: da retórica à semiótica**. São Paulo: Atual, 1986.

RODRIGUES, M. A. A leitura e a escrita de textos paradidáticos na formação do futuro professor de Física. **Ciência e Educação**, v. 21, n. 3, p. 765-781, 2015.

SILVA, H. C. **Como, quando e o que se lê em aulas de Física no ensino médio: elementos para uma proposta de mudança**, 1997. 164 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, UNICAMP, Campinas.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. 1989. 252 f. Tese (Doutorado em Educação) -

Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

ZANETIC, J. Física e literatura: uma possível integração no ensino. **Caderno Cedes: Ensino da Ciência, Leitura e Literatura**, v. 41, p. 46-61, 1997.