



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

ROMÁRIO FELINTO RAFAEL

A TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL NO EPISÓDIO 8 (OITO) DO
DOCUMENTÁRIO COSMOS: POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES COMO TEXTO DE
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

CAMPINA GRANDE – PB

2019

ROMÁRIO FELINTO RAFAEL

A TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL NO EPISÓDIO 8 (OITO) DO
DOCUMENTÁRIO COSMOS: POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES COMO TEXTO DE
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Barros.

Área de concentração: Ensino de Ciências

CAMPINA GRANDE – PB

2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

R136t Rafael, Romário Felinto.
A Teoria da Relatividade especial no episódio 8 (oito) do Documentário Cosmos [manuscrito] : Possibilidades e Limitações Como Texto de Divulgação Científica / Romário Felinto Rafael. - 2019.
91 p.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Acadêmico em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2019.
"Orientação : Prof. Dr. Marcos Antonio Barros Santos , Departamento de Física - CCT."
1. Teoria da Relatividade Restrita. 2. Divulgação Científica.
3. Popularização da Ciência. 4. Cosmos. I. Título
21. ed. CDD 530.11

ROMÁRIO FELINTO RAFAEL

**A TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL NO EPISÓDIO 8 (OITO) DO
DOCUMENTÁRIO COSMOS: POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES COMO TEXTO DE
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, como requisito à obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr^o. Marcos Antonio Barros Santos

Aprovada em: 06/09/2019.

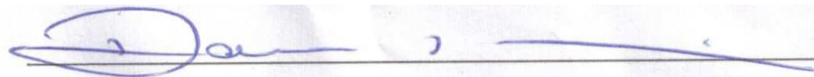
Banca examinadora



Prof. Dr. Marcos Antonio Barros Santos
Orientador (PPGECM/UEPB)



Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano
Avaliador Interno (PPGECM/UEPB)



Prof. Dr. Damião de Lima
Avaliador Externo (UFPB)

CAMPINA GRANDE – PB

2019

O presente trabalho é totalmente dedicado aos meus pais, Lúcia Felinto e Antônio Rafael, pelo apoio e dedicação em toda a minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que em todos os momentos é o mestre das nossas vidas, por permitir a realização desse sonho. Ter me dado saúde, força e coragem para superar todas as dificuldades.

Ao Professor Dr. Marcos Barros pela orientação, confiança e apoio na elaboração deste trabalho de pesquisa. Aos professores que participaram da avaliação do nosso trabalho, Dra. Zélia Arruda Santiago (UEPB), Dr. Marcelo Gomes Germano (UEPB) e Dr. Damião de Lima (UFPB). A todo corpo docente do programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba que contribuíram com seus conhecimentos para a minha formação, especialmente ao professor Dr. Eduardo Onofre, ser admirável.

Agradeço imensamente a minha família pelo apoio incondicional, principalmente aos meus pais, tios, irmãos e primos. Pois nos momentos mais difíceis são os primeiros a manifestarem aconchego e palavras de conforto.

Também, quero agradecer aos professores do departamento de Física da Universidade Regional do Cariri – URCA, na pessoa do professor Dr. Francisco Augusto Silva Nobre, que contribuíram na minha formação acadêmica durante o período de graduação, por sempre me incentivar a buscar maiores horizontes e a acreditar no meu potencial.

Meus agradecimentos aos amigos, Maria Daniela Leite, Rafaella Martins e Ewerton Moraes, companheiros e irmãos do coração. Pessoas que tenho muito apreço e carinho, por terem me oferecido apoio e ajuda nos momentos em que mais precisei. Aos colegas do Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, especialmente a Denise Ribeiro, cujo apoio e amizade estiveram presentes em todos os momentos.

AUTOBIOGRAFIA

No decorrer da nossa carreira enquanto estudantes há situações que nos chamam a atenção e chega provocar inquietações. Seja pelo o impacto social que ela possa provocar, ou até mesmo por questionamentos levantados sobre pesquisas anteriormente feitas e que não foram capazes de responder todas as questões sobre o assunto. Durante o meu período enquanto estudante da rede pública do estado do Ceará, sempre me indaguei sobre a metodologia que era empregada em sala de aula que tinha como recurso didático o quadro branco, pincel e apagador.

As ferramentas alternativas de ensino eram praticamente escassas. Os laboratórios de ciências não possuíam equipamentos suficientes para a realização de práticas experimentais, enquanto o de informática não contava com recursos suficientes para atender a demanda da escola. Ao ingressar no ensino superior, como aluno do curso de licenciatura em Física na Universidade Regional do Cariri –Urca, na cidade de Juazeiro do Norte – CE, trabalhei com pesquisas em escolas públicas enquanto bolsista de iniciação à docência - PIBID entre (2013 – 2014).

Em seguida, entre (2014-2016), continuei os trabalhos de pesquisas como bolsista de iniciação a pesquisa – IC, que abriu espaço para a publicação de um artigo de minha autoria e outro como coautor sobre as deficiências encontradas nas instituições de ensino, bem como sobre a necessidade de reformulação das práticas pedagógicas que possa trazer melhorias para o ensino e aprendizagem. Ainda na graduação, começaram a ser exibidos durante as sextas-feiras episódios sobre “O universo mecânico”, uma série de 52 partes filmados no instituto da Califórnia que trazia tópicos de Copérnico até à mecânica quântica.

A partir de então comecei a perceber o quanto os recursos audiovisuais poderiam servir como ferramenta capaz de oportunizar a melhoria no ensino e aprendizagem quando trabalhados de forma coerentes em sala de aula. Logo em seguida, ao encontrar pesquisadores na área da história da ciência, os quais reforçaram a ideia do quanto o uso de recursos audiovisuais, em especial materiais de divulgações científicas traziam conteúdos necessários para que as pessoas tivessem o mínimo de conhecimentos sobre os aspectos científicos e tecnológicos que estão em constante avanços na sociedade.

Em meio a tantos recursos midiáticos disponíveis me apresentaram o documentário Cosmos quando estava à procura de um tema para ingressar no mestrado, o qual de início trazia um universo de possibilidades de pesquisas a serem desenvolvidas, além de

questionamentos sobre a sua utilidade como recurso didático na educação. Com isso, continuei a estudar sobre o assunto e desenvolver um projeto de pesquisa que de início era bastante amplo, mas com o passar do tempo foi sendo delimitado e tem como finalidade a construção dessa dissertação.

BIOGRAFIA DE SAGAN¹

O astrônomo e divulgador científico Carl Sagan nasceu em 1934, filho de um alfaiate que havia migrado da Rússia, cresceu em um bairro judeu de Brooklyn – Nova York. Ele se formou em Física e mais tarde concluiu doutorado em astronomia pela Universidade de Chicago. Trabalhou como professor e pesquisador em algumas Universidades conceituadas, como por exemplo, Havard e Cornell, em Ithaca, Nova York. Além disso, cientista convidado no laboratório de propulsão a jato do Instituto de tecnologia da Califórnia. Foi, sem dúvidas, o maior divulgador científico que influenciou e instigou jovens a seguirem carreira na área da ciência. Dotados de bons dons literários, autor de dezenas de artigos e livros científicos, não deixou de lado o seu compromisso com a ciência, trouxe ao público através da divulgação científica investigações feitas sobre o universo sem deixar lugar para o misticismo, religiosidade e especulações sem base na experiência sensível. Foi agraciado com várias medalhas e prêmios importantes por suas contribuições na área da divulgação da ciência, tais como, Pulitzer de literatura em 1978 e três Oscar da televisão (Emmys), devido ao sucesso de audiência obtido com a série televisiva Cosmos que foi apresentada pela TV nos Estados Unidos da América – EUA. O autor foi impulsionado em sua carreira pelo talento apresentado, um visionário da ciência comprometido com a racionalidade do pensamento científico. Carl Sagan morreu no ano de 1996 em Seattle, Washington - EUA, devido a complicações em seu quadro de pneumonia, uma doença que apresentava características raras e que já o havia levado ao transplante de medula óssea em 1995.

¹ Texto extraído das seguintes fontes:

SAGAN, C. O mundo assombrado pelos demônios. São Paulo: Cia. das Letras, 1996.

SAGAN, C. Bilhões e bilhões: reflexões sobre vida e morte na virada do milênio. São Paulo: Companhia das Letras, 1998

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo analisar a qualidade do episódio 8 (oito) da série Cosmos que abre discussões sobre a Teoria da Relatividade Especial, enquanto texto de Divulgação Científica – DC. Inicialmente, foi feita uma revisão de literatura com foco nesse tema a fim de obter informações sobre o papel de cientistas e jornalistas da ciência no processo de divulgação científica, bem como as deficiências apresentadas por esses materiais quando trabalhados fora da academia científica. Além disso, fez-se necessária uma abordagem histórica que viesse nos proporcionar uma visão consolidada de como ocorreu o desenvolvimento do tema em questão, delimitando-se ao surgimento da mecânica clássica até os aspectos da Teoria da Relatividade Especial. Foi delimitada a metodologia dessa dissertação através de uma pesquisa documental dentro da pesquisa qualitativa, onde foi explorado e descrito vários aspectos pertinentes ao tema, veiculado pelo episódio oito (8) da série Cosmos. Posteriormente, em uma investigação criteriosa sobre o assunto, concluiu-se que existem acertos e desacertos conceituais e históricos no episódio analisado, bem como notou-se a necessidade de entendimento e cooperação entre cientistas e jornalistas. Para mais, a obra de Sagan (1992), em especial o episódio 8 (oito), analisou-se sobre a Teoria da Relatividade Especial, que atende aos requisitos exigidos para uma obra literária de Divulgação Científica.

Palavras-chave: Teoria da Relatividade Restrita; Divulgação Científica; Popularização da Ciência; Cosmos.

ABSTRACT

This study aims to analyze the quality of episode number 8 on the known series “Cosmos”, which opens discussions on the theory of Special Relativity as an object of Scientific Dissemination (DC). As a starting point, we made a literature review on the subject aiming to obtain a detailed information about the scientists and science journalists role in the scientific dissemination process, as well as lacks on such materials in a context outside the scientific academy. In addition, it was necessary to develop an approach based in historical aspects that would provide us a consolidated vision on how the subject evolved, delimiting itself from classical mechanics to aspects of the theory of special relativity. The adopted methodology for this thesis had been delimited through a qualitative documental research, where we explored and described several aspects related to the studied subject contained on the 8th episode of Cosmos. Then, in a more detailed study, we found that there are conceptual and historical successes and failures in such episode, as well as a needing for understanding and promoting a stronger cooperation between scientists and journalists. Furthermore, the work of Sagan (1992) on the 8th episode was analyzed under a context of science communication for the theory of special relativity.

Keywords: Theory of Special Relativity; Science Communication; Science Democratization; Cosmos.

ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Alfabetização Científica
HC	História da Ciência
PCN's/PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
TER	Teoria da Relatividade Especial
DC	Divulgação Científica
Pop-C	Popularização da Ciência
NDC	Natureza da Ciência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 METODOLOGIA	18
2.1 Apresentação da pesquisa e descrição metodológica dos materiais analisados	18
3 REVISÃO DE LITERATURA	22
3.1 Divulgação Científica: textos e linguagens	22
3.2 A importância dos jornalistas e cientistas na Divulgação Científica ..	27
3.3 Divulgação Científica canônica e não-canônica	32
3.4 Popularização da Ciência – Ciência e Cidadania	34
3.5 A concepção da ciência de Sagan diante da Epistemologia do século XX	39
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	46
4.1 Teoria da Relatividade Especial – TRE: aspectos históricos	46
4.2 O ano de 1905	47
4.3 A Relatividade na Mecânica Clássica	50
4.4 O Éter Luminífero	52
4.5 Pesquisas Realizadas sobre o Éter	54
4.5.1 A contribuição de Fresnel para a teoria ondulatória da luz	54
4.5.2 O éter segundo Stokes	55
4.6 O éter e os experimentos realizados para determinar a velocidade da terra	56
4.6.1 Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896)	56
4.6.2 Jacques Babinet (1794 -1872)	57
4.6.3 James Clerck Maxwell (1831–1879)	58
4.6.4 As tentativas experimentais de Michelson e Morley	59
4.6.5 As contribuições de Lorentz na Teoria da Relatividade Especial com base no éter	61
4.7 Einstein e Poincaré: A sincronização de relógios	63
4.8 Pesquisas realizadas com critérios para materiais de Divulgação Científica/Popularização da Ciência	64
5 ANÁLISE E DISCUSÃO: OBSERVAÇÕES SOBRE A TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL NO EPISÓDIO 8 (OITO) DO DOCUMENTÁRIO COSMOS	69
5.1 A Teoria da Relatividade Especial como Obra de Divulgação Científica	76

CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS.....	86

1 INTRODUÇÃO

O que é Ciência, afinal? A epistemologia do século XX nos mostra o quão é complicado definir o que venha a ser ciência. Os caminhos pelos quais percorremos em busca do conhecimento científico demonstram diferentes modos de pensar, tendo em vista as distintas abordagens filosóficas apresentadas por seus autores.

Os cientistas buscam, constantemente, respostas para elucidar fatos até então desconhecidos, ao passo que o público em geral necessita dessas informações não somente para a aquisição de novos conhecimentos, como também para avanços contributivos à sociedade, na prática. Entretanto, a depender da área, existem termos especializados que se tornam de difícil entendimento e, portanto, os resultados obtidos precisam passar pelo processo de Divulgação Científica que surge com o intuito de esclarecer em linguagem acessível para o público leigo a produção da ciência, como defende Martins (1998, p. 243). “Atualmente, a comunidade está cobrando uma retribuição social dos cientistas, e a divulgação científica poderia ser uma das formas pelas quais o público receberia um retorno do investimento feito com o dinheiro dos impostos”. Isso evidencia a complexidade do fazer científico, que além de exigir pesquisas inovadoras demanda que essas sejam produtivas e por muitas vezes acessíveis à sociedade, de maneira funcional.

Ao enveredar pelo caminho da pesquisa, surgiram diversas dúvidas quanto à seleção de um tema relevante a se desenvolver numa pesquisa de mestrado. Em contato com outros pesquisadores da área, surgiu a proposta de uma comparação entre as versões do documentário Cosmos de Carl Sagan e o de Neil de Grasse Tyson. A partir disso, comecei a me debruçar sobre o tema, o qual me possibilitou observar o universo de possibilidades de pesquisas importantes para a ciência que compreendia os documentários científicos. Então, resolvi realizar uma análise comparativa dos documentários Cosmos de Carl Sagan com o de Neil de Grasse Tyson, tendo em vista que entre eles há um período decorrido de dez anos, durante o qual houve um avanço científico e o aparecimento de novas tecnologias capazes de produzirem efeitos antes não permitidos.

A proposta escolhida para trabalharmos era muito ampla, então, resolvemos delimitá-la. Assim, começaram a surgir algumas perguntas que causaram inquietações sobre algumas características que os documentários científicos devem possuir, tendo em

vista que há uma transposição de linguagem produzida pela academia científica de forma simplificada para um público leigo, o qual não deve ser feita de qualquer maneira. Isso nos levou aos seguintes questionamentos, que serão respondidas no decorrer desta dissertação: O que se espera de uma obra de Divulgação Científica? Que tipo de Divulgação Científica é apresentada por Carl Sagan, canônica ou não-canônica²?

Dentre documentários que tiveram maior número de público na midiatização, ao abrir portas para o conhecimento do universo e desmitificar o que, até então, era uma visão científica inacessível, a série Cosmos teve grande influência na História da Ciência - HC, ao produzir documentários com excelentes recursos audiovisuais para a época, mostrando o espaço com uma grandeza implícita e estática acessível à compreensão humana.

Carl Sagan foi um dos maiores divulgadores da HC, bem como um dos poucos cientistas que conseguiu levar a ciência a um público não especializado, transformando jargões científicos em uma linguagem clara e acessível. De acordo com Pereira (2013), as obras de divulgação científica e popularização da ciência constituem espaços em que cientistas personificam e desmitificam de forma simples e compreensível um discurso dificilmente encontrado em publicações estritamente acadêmicas. Assim sendo, esta dissertação propõe-se a responder, de modo geral, a seguinte pergunta de pesquisa:

- Como o episódio 8 (oito) da série Cosmos que trata da Teoria da Relatividade Especial (TRE), nos conduz de forma racional a este evento, considerando como parâmetro de comparação os textos de Roberto de Andrade Martins?

Carl Sagan ganhou destaque internacional por suas obras publicadas, sendo mais de 600 publicações em revistas científicas, dentre as quais duas delas (“*Science* e “*Nature*”) eram consideradas as de melhores prestígio na época. De fato, as obras de Carl Sagan oferecem um vasto campo de pesquisa na Divulgação Científica, sendo um caminho literário científico propício ao que almejamos nessa dissertação, pois a vasta literatura Silva (2000); Mora (2003); Albagli (1996); Duarte (2004); Caldas (2010); Reis (1982); Massarani (1998); Bueno (1995), dentre outros, nos sinalizam como um dos maiores divulgadores da ciência do século XX.

No entanto, nossa preocupação nesta pesquisa foi verificar se os relatos textuais que tratam da TRE nos conduzem a uma Alfabetização Científica - AC necessária para

² A divulgação científica canônica apresenta uma linguagem explícita, científica, detalhada, clara, acessível ao público. A não canônica carrega termos complexos, implícitos, não-científicos, omitindo informações que dificulta a compreensão por parte das pessoas.

compreendermos, enquanto cidadãos, o desenvolvimento da ciência e tecnologia. Partindo desses pressupostos, esta pesquisa apresenta o seguinte objetivo geral:

- Analisar o episódio 8 (oito) da série Cosmos, enquanto texto de Divulgação Científica voltado a Popularização da Ciência.

Nessa perspectiva, analisamos a série Cosmos apresentada por Sagan como obra de DC, em especial, o episódio 8 (oito), no qual especificamente temos uma explicação da teoria da relatividade proposta por Albert Einstein com ênfase na velocidade da luz para explicar os fenômenos interestelares e viagens no tempo.

Notadamente, como veremos, apesar do enorme sucesso que a série obteve, procurando divulgar uma ciência com caráter abstrato para a maioria das pessoas, tornou-se necessário verificar o grau de veracidade teórica e histórica dos acontecimentos figurativos ali representados. Entendemos que uma completa e correta discussão de um episódio histórico, permeada por aspectos conceituais e epistemológicos, proporcionam uma rica aprendizagem, tendo em vista que auxilia na compreensão da Natureza da ciência e nos conceitos científicos envolvidos. Para tal, buscamos no livro *A Origem Histórica da Relatividade Especial* (2015), de autoria do professor Roberto Martins³, subsídios científicos para nortear nossas discussões. Dentro dessa perspectiva, temos os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar o percurso histórico e conceitual em que se insere a Teoria da Relatividade Especial.
- Analisar se há ou não inadequações nos aspectos teóricos e históricos apresentados no episódio 8 (oito) da série Cosmos, relativo a Teoria da Relatividade Especial.

Os objetivos especificados acima nortearam essa discussão, conduzindo-nos para uma compreensão mais acentuada a respeito da Divulgação Científica e da Popularização da Ciência. Apresentar a abordagem dos aspectos históricos da TRE, tomando como referência o trabalho de Martins (2015), nos possibilita utilizar uma fonte secundária de boa qualidade, sinalizando para uma compreensão desse episódio,

³ Roberto de Andrade Martins é físico, formado pela USP em 1972, e concluiu o doutorado em Lógica e Filosofia da Ciência pela Universidade Estadual de Campinas. Realizou estágios de pós-doutoramento em História da Ciência em Oxford e Cambridge. Livre-docente na área de Física Geral com especialidade em História da Física, Filosofia da Física e Ensino de Física, obtido em maio de 2008 no Instituto de Física Gleb Wataghin, UNICAMP. Após sua aposentadoria, foi professor visitante da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. Foi presidente da Sociedade Brasileira de História da Ciência (SBPC) e da Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC).

delimitando o contexto histórico pretendido, evitando o anacronismo tão comum na maioria dos textos didáticos ou de Divulgação Científica que compreendem este tema.

Em face da relevância apresentada, esta dissertação segue um plano organizacional em cinco capítulos, contemplando os processos de desenvolvimento sugeridos por seus respectivos objetivos. No segundo capítulo, Metodologia, descrevemos de forma detalhada os procedimentos metodológicos usados para obtenção dos nossos resultados, priorizando a abordagem qualitativa. A opção por essa abordagem sucedeu em decorrência do contexto a ser investigado, permitindo-nos descrever, compreender e analisar como se dá o processo de Divulgação Científica e Popularização da Ciência. Paralelamente, investigamos por meio da análise documental e com apoio pedagógico do livro de Martins (2015), no sentido de construir um roteiro para análise conceitual e histórica, no documentário apresentado por Carl Sagan (1992), no episódio 8 (oito) da série Cosmos.

No terceiro capítulo, de revisão de literatura, abordamos conceitos relacionados a Alfabetização Científica - AC, Divulgação Científica e Popularização da Ciência, apontando suas características, diferenças e embates, apoiado nas discussões dos profissionais, Jornalistas da ciência e cientistas. Ainda neste capítulo, apresentamos alguns estudos que sinalizam (PEREIRA, 2013) para a discussão sobre a visão da ciência propagada por Sagan, dentro desse contexto da Divulgação Científica e epistemologia da ciência, como Pereira, 2013.

No quarto capítulo, realizamos um levantamento histórico e elencamos as contribuições de diversos autores que foram de fundamental importância pelo desenvolvimento da Teoria da Relatividade Especial – TRE, com vista a esclarecer para o leitor que tal teoria não surgiu como um passe de mágica, tampouco houve a figura de um gênio representado pela figura de Albert Einstein. Ao mesmo tempo, foi possível estabelecer a compreensão e as reais contribuições de Einstein no desenvolvimento e construção da teoria. Para a formulação deste capítulo, fez-se necessário a utilização do livro publicado por Martins (2015), em que ele descreve as ideias utilizadas por Einstein, dentro de um perfil histórico e conceitual.

Os critérios estabelecidos na metodologia nortearam a análise e discussão dos resultados, apresentados no quinto capítulo. Foi possível verificar as concepções de Carl Sagan sobre os aspectos históricos, filosóficos e conceituais referente a Teoria da Relatividade Especial – TRE, bem como observar se seus textos se consolidavam como obras de Divulgação Científica.

No sexto capítulo, apresentamos as considerações finais sobre a nossa pesquisa, onde é possível verificar as conclusões obtidas sobre o momento das discussões. Assim, podemos mostrar o resultado da análise do conteúdo referente a Teoria da Relatividade Especial – TRE na perspectiva de Carl Sagan, considerando os aspectos históricos, filosóficos e conceituais, bem como levando-se em consideração as ideias de Divulgação Científica.

2 METODOLOGIA

Pudemos observar no capítulo da revisão de literatura, pontos importantes que norteiam a Divulgação Científica como meio de mediação da linguagem empregada pela academia científica e aquela necessária para uma melhor compreensão por parte da comunidade leiga em ciência. Além disso, as problemáticas envolvendo cientistas e jornalistas científicos apontam pontos positivos e negativos na medida em que pensamos fazer Divulgação Científica.

Com o intuito de atender o objetivo geral desta dissertação, elencamos passos metodológicos que nortearam os nossos estudos. A primeira concepção a ser apresentada diz respeito ao tipo de pesquisa abordada no nosso estudo, para logo em seguida mostrarmos os passos realizados para alcançarmos o objetivo almejado.

2.1 Apresentação da pesquisa e descrição metodológica dos materiais analisados

Ao analisar a obra de Carl Sagan, buscamos enveredar pelo caminho que nos fornecesse a possibilidade de investigar um tema que além de trazer conhecimentos da Física, fosse motivo de questionamentos por parte de pesquisadores da área da ciência. Assim, optamos por desenvolver uma pesquisa sobre a Teoria da Relatividade Especial tendo como meio de apresentação o documentário Cosmos de Sagan.

De início, a ideia era trabalhar com o episódio 8 (oito) da série Cosmos na forma de vídeo que trata sobre a Teoria da Relatividade Especial, mas como há também um livro escrito sobre o documentário optamos por trabalhar com o material escrito, por motivo de conveniência na análise dos resultados.

O episódio 8 (oito) da série Cosmos abre portas para a discussão da teoria da relatividade especial como material de Divulgação Científica, dando-nos a possibilidade de explorar fontes de informações ligadas a temática na visão de alguns autores que fazem estudos na área. Optamos por utilizar uma abordagem metodológica qualitativa por entender que é uma ferramenta de pesquisa indicada para o aprofundamento dos nossos estudos.

Godoy (1995a) pondera que a pesquisa qualitativa tem como ambiente de análise o espaço natural e o investigador funciona como ferramenta essencial na exploração da situação que está sendo estudada. A observação é parte importante no processo de análise, seleção e interpretação dos dados coletados no decorrer da abordagem.

Com isso, a abordagem qualitativa nos fornece a capacidade de observar a qualidade dos materiais que estão sendo coletados nos sites de pesquisas ou outras fontes de informações, especialmente quando recorremos as obras de Divulgação Científica voltada a proposta de estudo sobre a Teoria da Relatividade Especial.

A pesquisa qualitativa possui uma longa e rica tradição, descrevendo de forma subjetiva contextos de classes sociais imersos no cotidiano. Está relacionada à qualidade da pesquisa a ser executada, onde o pesquisador busca atribuir significados, participar, entender, compreender e interpretar dados e observações de pesquisas.

Para compreendermos como os materiais de Divulgação Científica podem nos auxiliar nos documentários científicos, optamos pela investigação do episódio 8 (oito) da série *Cosmos*. Entendemos que a temática sobre a Teoria da Relatividade Especial é motivo de várias críticas e pesquisas realizadas na área educacional, principalmente quando se trata da sua inserção na educação básica (OSTERMANN, 2000).

Com isso, observamos a importância de termos também a presença da pesquisa documental, por entendermos que os materiais de Divulgação Científica e o processo de construção histórica da Teoria da Relatividade Restrita – TRE são documentos que ainda não foram analisados para esse tipo de pesquisa. Para Gil (2002, p. 45), “a pesquisa documental vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos de pesquisa”.

Nesse contexto, o material utilizado para se fazer uma pesquisa bibliográfica inclui documentos pessoais, fichas, mapas, vídeos, documentários, fotografias, formulários, dentre outras fontes de informações. Cellard (2008, p. 296) pondera que o documento consiste em confirmar acontecimentos do passado, servindo como material de pesquisa na busca de esclarecimento e entendimento sobre eventos passados. “De fato, tudo o que é vestígio do passado, tudo o que serve de testemunho, é considerado como documento ou “fonte”, como é mais comum dizer, atualmente”.

Nesse sentido, a pesquisa documental norteará a investigação do episódio 8 (oito) documentário *Cosmos* que trata da Teoria da Relatividade Especial sobre o ponto de vista dos aspectos históricos e acontecimentos na construção da mesmas, bem como a luz da Divulgação Científica. A escolha do documentário em questão está respaldado ao sucesso obtido por Carl Sagan enquanto cientista responsável em tornar a ciência acessível a toda camada da população.

A nossa pesquisa apresenta na revisão de literatura alguns resultados sobre trabalhos analisados como textos de Divulgação Científica, ao mesmo tempo servirão

como base para a construção dos resultados do nosso material de pesquisa referente ao episódio 8 (oito) do documentário Cosmos.

Destacamos para o leitor que iremos considerar assim como (MASSARANI,1998; ALBAGLI, 1996; CARIBÉ, 2015, dentre outros) os termos Popularização da Ciência e Divulgação Científica com significados equivalentes para os objetivos dessa dissertação, mesmo entendendo que há uma diferença entre ambas como elencado por Germano (2011).

Em todos os autores que analisamos, percebemos que, dentre os critérios adotados para ser considerada uma obra Divulgação Científica, é que a linguagem transposta dos textos científicos deve ser clara, simples e acessível para todo o público. Assim, os jargões científicos⁴ utilizados pelos cientistas seriam democratizados para toda a camada da população.

Ao fazer uma leitura do texto, realizamos em seguida a sua análise e elencamos alguns critérios com adaptações do trabalho de Mora (2003, p. 87). Extraímos quatro pontos específicos que serviram como norteamento para a análise do texto referente ao episódio 8 (oito) do documentário Cosmos de Sagan (1992):

- 1 - base na história;
- 2 - uso de analogias e metáforas;
- 3 - recurso ao cotidiano;
- 4 - valor literário.

Os trechos retirados do episódio 8 (oito) foram analisados de acordo com os pontos elencados acima, onde Mora (2003) considera que a presença de um ou mais desses quesitos em um texto de Divulgação eram suficientes para se tornar uma obra literária canônica.

O episódio 8 (oito) do documentário Cosmos foi escolhido por possuir uma explicação da Teoria da Relatividade Especial com ênfase na velocidade da luz, na visão de Carl Sagan. Em seguida, retiramos trechos do texto que apresentasse conteúdo do tema em questão e ao mesmo tempo evidenciasse de forma clara se obra analisada se caracterizava como sendo de Divulgação Científica.

Além disso, os trechos foram analisados numa perspectiva histórica e conceitual da Teoria da Relatividade Especial proposta por Sagan a luz do pensamento de Roberto de

⁴ São palavras técnicas e específicas utilizadas pela comunidade científica que nem sempre é acessível ao público em geral.

Andrade Martins sobre a construção de tal teoria. A interação sobre o conteúdo dessas duas vertentes nos possibilitou verificar se há a fragmentação da informação repassada para o público.

O conteúdo também serviu para verificarmos o tipo de Divulgação Científica proposta por Sagan em sua obra *Cosmos* do ponto de vista de Pinto (2007), ao estabelecer o que um texto de uma obra necessita para ser considerada de Divulgação Científica canônica ou não-canônica.

Procuramos observar se o texto apresentado por Sagan relaciona as informações contidas no episódio 8 (oito) ao contexto histórico e conceitual, bem como se a linguagem empregada por ele apresenta recursos necessários a compreensão por parte do público sem perder o rigor científico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Divulgação Científica: textos e linguagens

O avanço da ciência tornou-se fator importante para a decisão de assuntos relacionados ao cotidiano da sociedade, inclusive na política. Na contemporaneidade, é possível observarmos as pessoas questionarem o papel dos cientistas quando o assunto é a trazer benefícios para a população.

A ciência possivelmente começou a ser desacreditada ao apresentar efeitos negativos na sociedade, principalmente após a primeira e segunda guerra mundial, com a produção de bombas atômicas e armas nucleares. Assim, o que poderia ser uma solução para os problemas sociais começou a dar espaço a insegurança e os possíveis malefícios que a ciência viria ocasionar. Albagli (1996) ressalta que os efeitos negativos provocados pela ciência com a fabricação de armamentos e bombas atômicas nos períodos das guerras mundiais, contribuíram para que a população duvidasse sobre os benefícios trazidos por ela à melhoria da sociedade. Tais fatores estariam, também, aliados à perda de credibilidade e distanciamento do público em relação aos aspectos científicos.

Com isso, faz-se necessário manter a população confiante na produção da ciência atuando em benefício da sociedade, mesmo sabendo que é um risco confiar excessivamente que a ciência atuará apenas em benefício da sociedade, já que por trás do avanço científico e tecnológico envolvem interesses econômicos, políticos e sociais. Caldas (2010) considera que, se levarmos em consideração a influência provocada pela C&T na sociedade e na forma de vida das pessoas, então, seria justo que elas ficassem cientes sobre as descobertas proporcionadas pela ciência.

Duarte (2004, p.1) enfatiza a necessidade do público se familiarizar com assuntos relacionados à ciência, por meio da democratização do seu conhecimento. As pessoas não se configuram como seres passivos da sociedade, mas, também, como elementos capazes de atuar de maneira crítica, modificadora e atuante nas questões políticas e sociais. “Esta percepção sugere a necessidade de existirem mecanismos e processos para que as pessoas conheçam, envolvam-se, participem, discutam, questionem a ciência e não apenas sejam informadas sobre seus avanços”.

Nesse sentido, a presença da população em decisões advinda da produção científica poderá impedir que se crie um movimento de resistência contra o desenvolvimento científico. Diante disso, surgem algumas perguntas: como garantir que a

população esteja familiarizada e consiga opinar sobre assuntos ligados a ciência? Quais são os caminhos que poderão ajudar a população na compreensão de termos científicos?

Podemos citar a Divulgação Científica, escolarização ou até mesmo a própria comunidade científica como possíveis mediadores capazes de facilitar a compreensão da população sobre assuntos referentes a ciência. Iremos enfatizar no nosso estudo o papel da Divulgação Científica no documentário *Cosmos* como um possível aliado na democratização do conhecimento científico para um público amplo.

Diante disso, Silva (2007) ressalva que a Divulgação da Ciência não faz parte de uma realidade recente. Em meados do século XVI, haviam fatos comprobatórios de sua existência junto ao nascimento da ciência moderna. No século XVIII, foram feitas várias exposições que trouxeram ao público conhecimentos e demonstrações produzidos pelo meio científico, bem como exposições de palestras envolvendo algumas áreas do conhecimento, tais como física, química e medicina.

A Divulgação Científica surge como ferramenta capaz de aproximar a ciência do público leigo, por oferece uma linguagem acessível. Mora (2003) ressalta que a especialização da ciência adquirida em meados do século XIX foi fator preponderante à mudança na sua linguagem. A dificuldade entre a comunicação dos cientistas e o público não especializado residia justamente em uma linguagem não comum a ambos sobre as ideias científicas.

O fato da linguagem utilizada por cientistas e jornalistas científicos não serem comuns quando se trata de assuntos ligados a ciência, faz com que haja uma vasta discussão sobre as consequências que podem ocorrer quanto a comunicação empregada por ambas as partes. Mora (2003) salienta que o avanço da ciência, após a Segunda Guerra Mundial, utiliza cada vez menos a linguagem do “senso comum”. Ela ressalta que a Divulgação Científica é um meio que quer tornar acessível o conteúdo científico em uma linguagem clara e acessível, porém alerta que deve-se ter cuidado para não haver um distanciamento do campo da ciência.

Os conceitos apontados pela autora vão de encontro aos posicionamentos de Albagli (1996), Massarani (1998), Reis (2002), Bueno (1995), dentre outros, sobre a Divulgação Científica. Na visão dos autores, a mudança da linguagem científica faz-se necessário quando o intuito é atender um público maior sobre a produção da ciência, mas ressaltam a necessidade de haver uma fidelidade à linguagem científica.

É o que esclarece Hilgartner (1990) ao mostrar que a Divulgação Científica é vista como uma forma de modificar incorretamente a linguagem própria da comunidade

científica por pessoas que não tem conhecimentos sobre a ciência ou, até mesmo, por jornalistas não especialistas no assunto. Para ele, no melhor dos casos, há simplificações responsáveis por prejudicar os verdadeiros significados dos termos científicos.

Diferente do pensamento dos autores citados acima que enxergam a Divulgação Científica como a mudança da linguagem da ciência em conceitos simples, Silva (2007, p. 53) considera que definir o que venha ser ou não Divulgação Científica é uma tarefa complicada. “Parece que o termo *divulgação científica*, longe de designar um tipo específico de texto, está relacionado à forma como o conhecimento científico é produzido, como ele é formulado e como ele circula numa sociedade como a nossa”.

Mora (2003, p.37) discorre sobre as ideias de alguns autores que tratam sobre a Divulgação Científica como forma de disseminar o conhecimento ao público leigo de forma literária. Ressalva que, dentre elas, a mais convincente considera que “a divulgação da ciência é uma tarefa eminentemente inventiva que recria o conhecimento científico, para ampliar a cultura científica do público”.

A complexidade que existe em categorizar e definir o que é Divulgação Científica está relacionado a grande quantidade de textos envolvidos em atividades e formatos diversos sobre o assunto. Podemos citar como exemplos os livros de ficção científica, artigos de revistas científicas, documentários sobre a ciência, informativos sobre saúde, entre outros. Bueno (1985) entende que documentários e os livros didáticos utilizados nas escolas podem se tornar uma ferramenta essencial para a formação de conceitos relacionados à ciência de forma democrática.

No contexto atual é evidente que a forma de divulgar ciência venha ganhando espaço no meio social de forma ampla. Muitas iniciativas vêm sendo tomadas para que este método tenha um avanço cada vez maior. É o que observamos em Silva (2007):

Não há dúvida que no contexto atual, muitas atividades consideradas como sendo de divulgação científica ganhem amplitudes jamais vistas, seja no formato escrito, como em jornais, revistas e livros, seja no formato audiovisual, como em documentários e outros programas da televisão. (SILVA, 2007, p. 54).

É possível observar que o posicionamento de alguns autores aludem que a Divulgação Científica está voltada para o público sem conhecimentos científicos necessários para entender sobre o desenvolvimento da ciência. Então, a simplificação de jargões científicos tornam-se uma garantia do acesso a informação de assuntos ligados a ciência por parte da população não especializada.

A transcrição de jargões científicos em uma linguagem simples e acessível ao público leigo faz-se necessário quando buscamos a democratização do conhecimento da ciência. No entanto, a simplificação na linguagem advinda da produção científica deve ser feita de tal forma a não prejudicar os verdadeiros significados dos conceitos científicos.

Quando a linguagem da ciência não sofre prejuízos na sua simplificação, podemos dizer que a população está internalizando uma compreensão satisfatória da produção científica. Com isso, surge a necessidade de buscarmos entender os efeitos provocados no público leigo ao receberem conhecimentos advindos da ciência através da Divulgação Científica, ou seja, cabe discutir sobre o papel da alfabetização científica.

Podemos perceber nas palavras de Bueno (2010), que o fato de as pessoas não serem alfabetizadas cientificamente compromete o entendimento técnico da linguagem da ciência, mas assim, tudo que é destinado ao público leigo sem uma mudança de linguagem se torna complexo, abstrato e de difícil compreensão. Com isso, surgem duas perguntas: O que é alfabetização científica - AC? Porque é necessário que as pessoas possuam tal conceito para entender os termos científicos?

A palavra *Cientific Literacy* do inglês ou alfabetização científica na tradução feita para o português do Brasil é um termo que gera bastante polêmica quando o assunto é a sua tradução. Lorenzetti e Delizoicov (2001) ponderam que a tradução correta seria alfabetismo ao invés de alfabetização. Soares (1998) prefere usar a expressão letramento como melhor aproximação a ser utilizada, devido à amplitude relacionada à escrita enquanto uma prática social.

Chassot (2006, p.91) vê a escolarização como sendo uma importante aliada em transmitir conhecimentos da ciência para o público leigo. Defende que o estudo da ciência como prática para uma alfabetização científica começa desde o ensino fundamental, mesmo diante da necessidade de uma postura idêntica em relação ao ensino médio. Além disso, ver com bons olhos a sua ampliação para o ensino superior. Ele acredita ser o único caminho a ser trilhado na busca de uma educação promissora e comprometida. A ciência é uma forma de linguagem criada por homens e mulheres necessária para facilitar a interpretação dos fenômenos da natureza. “[...] assim, ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza. É um analfabeto científico aquele incapaz de uma leitura do universo”.

Brandi e Gurgel (2002) defendem o estudo de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental, na formação inicial e continuada de professores. Na sua visão, possuir o conhecimento científico é necessário para compreensão, interpretação e exploração do

meio social, bem como para a inserção da criança na cultura científica. Acrescenta, ainda, que o ensinamento de tais conceitos juntamente com o movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) contribui para uma educação não fragmentada.

Esse processo, certamente, ao ocorrer de modo organizado e sistematizado, através do registro e prática da linguagem articulados aos saberes de Ciências nas séries iniciais, estaria iniciando a alfabetização científica sem magia e superstições. (BRANDI e GURGEL, 2002, p. 113-114).

Como visto anteriormente, assim como a Divulgação Científica, a escolarização também pode aproximar a população de assuntos ligados a ciência. O conhecimento científico torna o cidadão participativo e capaz de opinar em assuntos relacionados ao desenvolvimento da ciência e tecnologia. Dessa forma, a alfabetização científica pode ser definida como “o nível mínimo de compreensão em ciência e tecnologia que as pessoas devem ter para poderem operar, em nível básico, como cidadãos e consumidores na nova sociedade científico-tecnológica”. (GERMANO, 2011, p. 290-291).

O avanço tecnológico é uma consequência natural do avanço científico, ao passo que as pessoas procuram respostas para diversas dúvidas levantadas quanto à utilidade produzida pela ciência para a melhoria da sociedade. O acesso por parte do público leigo ao desenvolvimento da ciência se faz necessário quando se busca um meio social participante e informado.

Auler e Delizoicov (2001) consideram a importância da democratização do conhecimento científico como fator determinante para uma sociedade alfabetizada em relação aos aspectos da ciência e da tecnologia. Os autores classificam o termo alfabetização científica na perspectiva reducionista e ampliada. Na primeira, o termo está relacionada ao ensino de conceitos, deixando de lado histórias fantasiosas, bem como à perspectiva de compreender questões relacionadas à ciência e tecnologia por meio da técnica. A segunda, prega uma concepção progressista da educação.

Lorenzetti (2000, p.34) ressalva a importância de se ter um público alfabetizado cientificamente em uma sociedade marcada pela produção científica e tecnológica. “Aumentar o nível de alfabetização científica da população significa contribuir na compreensão da ciência, instrumentalizando-a para tomar decisões coerentes nos assuntos que envolvem a Ciência e a Tecnologia”.

A busca por uma sociedade conhecedora de assuntos relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico não pode ficar resumida a Divulgação Científica,

faz-se necessário haver uma aproximação de outros meios de comunicação com o público leigo.

Leal e Gouvêa (2000, p. 8) apontam o ensino de ciências apresentados nas escolas, museus, mídia e internet como fatores preponderantes para a alfabetização científica. Para eles, é necessário se estabelecer um diálogo sociedade, contexto e divulgação científica para que os cidadãos compreendam a relação entre o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Em linhas gerais, a alfabetização científica defendida por vários autores requer uso das ciências implementado em sala de aula desde os anos iniciais do ensino fundamental, ou seja, desde cedo. Há ainda aqueles pedindo a sua expansão para o ensino superior, tendo em vista a situação pela qual a sociedade se encontra quanto ao conhecimento científico.

Ficou notório observar o quanto os conhecimentos da ciência se fazem necessários em uma sociedade marcada pelos avanços científicos e tecnológicos, pois, somente pela alfabetização científica as pessoas podem se posicionar criticamente diante das situações do dia a dia na sociedade.

Os autores atribuem a Divulgação Científica como ferramenta capaz de transformar jargões científicos em uma linguagem clara e acessível, para um público leigo sem conhecimentos de termos técnicos-científicos, mas salientam que deve haver um certo cuidado para que não haja deturpação do conhecimento científico. Iremos observar no próximo tópico que a preocupação e o embate existente entre cientistas e jornalistas científicos estão relacionados justamente na forma como o desenvolvimento da ciência é apresentado para a sociedade.

3.2 A importância dos jornalistas e cientistas na Divulgação Científica

Em um mundo marcado pelo avanço da ciência e tecnologia torna-se importante o uso da Divulgação Científica, tendo em vista que ela é um dos veiculadores do conhecimento científico. Principalmente em uma sociedade onde a população é despreparada para receber informações em uma linguagem técnica e complexa.

Os meios de comunicação se tornam o caminho mais curto e imediato quando pensamos em propagar o conhecimento científico para o público não especializado na ciência. Seja por meio da mídia, onde podemos destacar os jornais, televisão,

documentários, internet, etc., bem como pela criação de instituições ou projetos que favoreçam a chegada da informação para as classes sociais menos favorecidas.

Mora (2003) considera que entre o final do século XIX e início do XX, a Divulgação Científica possuía autores renomados, tais como Einstein (1916) com a Teoria da Relatividade Especial - TRE, Jeans (1929) trazendo “O universo em volta de nós” e George Gamow (1953) sobre as aventuras de Mr. Tompkins. Mas, aponta que o papel do jornalista científico estava vinculado apenas a divulgar da sua forma, fazendo uma transposição de linguagem para outras camadas da população.

Com a propagação dessas ideias revolucionárias pelo mundo não-científico, vieram a distorção e a confusão não só devido à sua novidade essencial e à dificuldade em traduzi-las para uma linguagem não-matemática, mas também porque a maioria dos “tradutores”, isto é, educadores e jornalistas, não possuíam o treinamento matemático e científico necessário para compreender as publicações científicas originais. (MORA,2003, p.26).

O jornalismo transforma uma linguagem de difícil compreensão em textos interessantes, já que o objetivo é atrair os leitores em massa para comprar os seus negócios. Na sua função de empresa, a mídia não tem como prioridade a educação da população em assuntos ligados a ciência e tecnologia, mas por vezes acaba exercendo esse papel.

É necessário analisar a qualidade das informações veiculadas pelo jornalismo da ciência, devido sua capacidade de atrair e influenciar na educação do público leitor. Ivannisевич (2005) salienta a preocupação dos cientistas por entenderem que o jornalismo antes de tudo é um negócio a ser vendido, por isso há um interesse por parte de quem informa em atrair um grande público em tempos recorde, com o intuito de atrair melhores fontes de lucro para suas empresas. Neste caso, são necessárias escolhas de conteúdo adequados para veiculação e a forma pela qual será apresentada ao público.

Na comunicação não há simplificação na linguagem sem perda de informações, ou seja, podem acontecer erros nas informações originárias da ciência quando os jornalistas buscam torná-las acessíveis ao público leigo. Mora (2003, p.35) enfatiza a falta de conhecimento por parte dos jornalistas em relação aos aspectos científicos. Para ela a comunicação desse jornalismo é chegar o conhecimento científico às massas populares com recursos midiáticos e habilidades que possuem. “No entanto, para os cientistas, o jornalista costuma deturpar a informação, pois desconhece a ciência”.

Então surgem algumas perguntas sobre o papel da mídia, principalmente sobre a atuação do jornalismo científico sobre os assuntos referentes a ciência: Qual a

especialidade de quem escreve sobre matérias de Divulgações Científicas? Será que os jornalistas são habilitados para escrever textos sobre a ciência?

Quando buscamos informações na história do jornalismo brasileiro, encontramos colaboradores professores e cientistas que escreviam textos sobre assuntos relacionados a ciência. Podemos destacar a presença do Físico José Leite Lopes, membro do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF); Luiz Gouvêa Labouriau, do Museu Nacional; Almirante Octacílio Cunha, presidente do conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), dentre outros, com publicações no suplemento Ciência do Jornal *Commercio*.

Vale lembrar que o divulgador científico Carl Sagan, responsável pela produção do documentário *Cosmos*, sempre foi um grande defensor da ciência. A ponto de abrir espaços para questionamentos sobre a sua postura em relação ao diálogo que tinha com a população, principalmente quando o assunto era aceitar opiniões que viesse ferir aos princípios da ciência.

A preocupação dos cientistas está centrada na qualidade do material que está sendo divulgado pelos jornalistas, de tal forma a questionarem sobre a especialização de quem fornece informações para o público leigo. Sousa (2001) indaga que nem sempre era exigido curso de Jornalismo para exercer a profissão e que a grande maioria hoje tem apenas curso de graduação e pouca ou nenhuma experiência na área.

Embora haja críticas por parte dos cientistas sobre as informações que são veiculadas para o público leigo, observamos que se não fossem esses profissionais a Divulgação Científica estaria comprometida. Para Oliveira (2012) muitos cientistas não possuem consciência e negligenciam a importância de se divulgar ciência, o que acaba influenciando na qualidade do jornalismo científico.

A verdade é que os cientistas produzem suas pesquisas e esperam serem reconhecidos por outros cientistas renomados da área. Também, não há uma política instalada no Brasil voltada ao incentivo dos cientistas em tornar a ciência acessível para a população não especializada. Mas vale lembrar que a população paga seus impostos que são destinados a instituições de incentivo a pesquisas científicas, por isso querem saber sobre o desenvolvimento da ciência, bem como o impacto que a mesma poderá ocasionar na sociedade.

Então, se a mídia não cumprisse o papel de divulgar a ciência, será que a população teria acesso ao conhecimento científico? É uma pergunta complexa de se responder, pois não sabemos até que ponto os cientistas se propõem a dialogar com a

população sobre assuntos relacionados a ciência, ou na pior das hipóteses se esse diálogo realmente acontece.

O que podemos inferir é que a Divulgação Científica está engajada em tornar acessível o conhecimento da ciência ao público leigo, mesmo quando surgem dúvidas quanto a simplificação que há na linguagem da ciência. De acordo com Burkett (1990) a mudança na linguagem científica torna-se necessária pelos meios de divulgações que têm a função de levar informações para o público em geral, pois devido à complexidade com que o conteúdo é elaborado poderá proporcionar dificuldades na compreensão por parte das pessoas.

Quem divulga reconhece a necessidade de readaptação da linguagem científica para que o público não especializado consiga compreender aquilo que está sendo transposto, utilizando seus conhecimentos para produzirem fontes secundárias de informações que sejam acessíveis e menos abstratas. Os campos e os saberes entre jornalistas e divulgadores da ciência são distintos, de tal forma que ambos compreendem as informações advindas da ciência de acordo com seus níveis de conhecimento sobre o assunto. Um se utiliza de uma linguagem técnica, elaborada, abstrata, enquanto o outro, tenta modificá-los em conceitos simples, claros e acessíveis a todos os públicos.

É notório que existem autores que defendem e outros que criticam a postura dos jornalistas enquanto mediadores de temas referentes a ciência para a população. Mesmo sabendo que faz-se necessário uma mudança na linguagem científica para torna-la acessível ao público leigo, os jornalistas da ciência pode fazê-la de qualquer jeito?

De acordo com Oliveira (2012) os jornalistas precisam estar por dentro da produção da academia científica, dominar técnicas de redação, ser familiarizados com as pesquisas científicas, história da ciência, divulgação científica, bem como acompanhar o desenvolvimento científico e tecnológico.

Uma vez observado que cientistas e jornalistas da ciência não dialogam com uma mesma linguagem, faz com que haja uma resistência em aceitar que o conhecimento científico não esteja sendo modificado ao torna-lo em conceitos acessíveis para o público leigo. É o que alega Caldas (2010) ao acreditar que as tensões ocorridas entre jornalista e divulgadores são ações naturais e inevitáveis. De acordo com ela:

No embate entre cientistas e jornalistas, cujas relações têm se estreitado e melhorado ao longo dos anos, é essencial compreender alguns dos motivos que geram os problemas: saberes distintos; culturas profissionais diferentes; tempo de produção e de reflexão. (CALDAS, 2010, p. 35).

A mesma opinião é apresentada pela jornalista especializada em ciências Alicia Ivanissevich (2005, p.15), quando afirma que cientistas e jornalistas vivem mundos diferentes e compartilham linguagens distintas. Para ela, eventuais choques entre eles são inevitáveis: “Os jornalistas querem saber em quarenta segundos e em uma linguagem simples exatamente o que os pesquisadores vêm fazendo, com sua metodologia complexa, há vários anos”.

Poderíamos nos posicionar favoráveis as alegações feitas pelos cientistas ao afirmarem que os jornalistas não são conhecedores dos processos científicos, de tal forma a prejudicar a linguagem da ciência quando transpõem em termos simples e acessíveis ao público leigo. Porém, Ivanissevich (2005, p.15) afirma que existem cientistas leigos em outras áreas fora do conhecimento em que atuam, ou seja, mesmo sendo detentores da linguagem científica eles próprios se tornam analfabetos científicos. “Há físicos da matéria condensada que mal sabem o que se passa em astrofísica, por exemplo”.

É possível constatar que há posicionamentos diferentes entre jornalistas da ciência e cientistas, principalmente quando o assunto é fazer uma transposição da linguagem científica em conceitos simples e acessíveis para o público leigo. Mas, será que não haveria um consenso entre ambos para uma melhor produção da ciência? Será que a ciência em alguns momentos não precisa da mídia? Ou a mídia dependa da ciência?

De acordo com Heberlê (2012, p.136), a resposta é sim. Para ele, o diálogo é sempre importante quando o propósito que há entre jornalistas e cientistas é o mesmo, atender aos interesses sociais, mesmo que ambos possuam ações distintas na sociedade, pois enquanto a academia científica busca fatos históricos, sequencial e temporizada, a mídia trabalha com produtos atualizados, do presente e extremamente transitório.

Seria importante que houvesse uma ação mútua entre as duas especialidades, ao invés de um conflito entre ambos, uma vez que andando de mãos dadas os benefícios recairiam tanto sobre ciência quanto a população leiga que necessita de conhecimentos científicos. Para a autora Ivanissevich (2005) os cientistas deviam considerar a mídia como uma boa aliada, pois além de ter um alto poder de alcance, consegue atrair milhões de pessoas em um só dia. Isso inclui a presença de jornais, documentários científicos, textos, vídeos, etc. como tentativa de disseminar a Divulgação Científica.

[...] a ciência veiculada na mídia pode alcançar milhões de pessoas em um só dia. Seria inútil ignorar um instrumento com esse poder de alcance. Cientistas e educadores deveriam considera-lo um aliado sempre atentos a seus vieses – em sua tentativa de divulgar ciência. (IVANISSEVICH, 2005, p.14).

Os cientistas deviam ter em mente que os jornalistas não possuem especialidade necessária para entender a linguagem científica, o que poderia ser minimizado caso houvesse uma explicação por parte do pesquisador de forma acessível para os jornalistas. Com isso, os matérias de Divulgação Científica, principalmente os documentários científicos, teriam melhor qualidade de informação quando destinado ao público leigo.

Moreira e Massarani (2002) apontam que, embora nos últimos anos tenha havido um crescente interesse por parte da comunidade científica em relação às atividades ligadas a Divulgação Científica, a situação ainda é bastante frágil entre ambas as partes. As atividades que têm por objetivo apresentar produções científicas em linguagem acessível a todas as camadas da população continuam sendo marginalizadas, numa perspectiva de favorecimento ao marketing científico.

3.3 Divulgação Científica canônica e não-canônica

As obras de Divulgação Científica são ferramentas acessíveis da visão científica veiculada a um público não especializado em uma linguagem clara. Do ponto de vista dos autores da ciência, existem a Divulgação Científica canônica e não-canônica, enquanto a primeira leva em consideração elementos de linguagem explícitas, explicativas e detalhadas, a segunda traz uma postura totalmente oposta à primeira, omitindo informações como se o leitor já tivesse um conhecimento prévio anterior sobre o conteúdo.

Podemos observar sucintamente, nas palavras de Pinto (2009) que as obras de Divulgação Científica não-canônica apresentam linguagens abstratas, complexas, metafóricas e de difícil compreensão. Tal meio de divulgação torna o texto implícito de tal forma a gerar dificuldades em sua interpretação ao leitor que se debruçar sobre ele.

A categorização utilizada para classificar e selecionar as obras - divulgação científica não-canônica - tem relação com o uso de uma linguagem implícita, metafórica e em que estão presentes os conflitos e contradições do fazer científico e da subjetividade humana (PINTO, 2009, p. 300).

Então, observamos que a divulgação científica não-canônica deixa submissas informações necessárias ao entendimento do texto apresentado ao leitor, por omitir

detalhamentos essenciais à compreensão textual. Nesse tipo de divulgação considera-se a prática do fazer científico, deixando de lado abordagens dos resultados obtidos pela prática científica. De acordo com Pinto (2009):

Neste sentido, consideram-se obras não canônicas aquelas em que a narrativa volta-se, sobretudo, à compreensão dos processos da ciência, do fazer científico e dos dilemas envolvidos na prática da ciência (compreendida como prática sócio-cultural), diferentemente de obras de divulgação científica cuja centralidade narrativa recai sobre a divulgação de resultados da ciência, os conteúdos científicos e a difusão de uma imagem da ciência como prática de iluminados e vista, em especial, como campo de saber objetivo e consensual. (PINTO, 2009, p.300).

Pinto (2009) ressalva que, em termos do que sugere a Divulgação Científica canônica, podemos ressaltar a presença de uma linguagem acessível ao entendimento da obra analisada. Aqui, o objeto de estudo é apresentado com riquezas de detalhes necessários à compreensão do conteúdo repassado de maneira explícita, contundente e explicativa. Os textos advindos da academia científica, responsáveis pela disseminação da produção da ciência, são abordagens contidas nesse tipo de Divulgação Científica.

Pinto (2009) aponta a explicação feita por Clarck como sendo um dos textos que carregam uma linguagem não-canônica presentes em trabalhos de Divulgação Científica. O autor traz uma abordagem de ficção científica em sua obra *Odisseia no espaço - 2001*, em um processo ocorrido até a anã-branca impregnada por uma linguagem implícita, sem muito detalhes. Em um dos trechos ele explica:

(...) O horizonte cada vez mais brilhante, mudou a sua cor de vermelho escuro para amarelo, depois para azul, e por fim para um violeta empolado. Arrastando atrás de si erupções periódicas de matéria estelar, a anã-branca começou a erguer-se no horizonte. Bowman protegeu os olhos do clarão intolerável do pequeno sol, e observou o virulento panorama estelar que o seu campo gravitacional sugava para o céu. Uma vez, nas Caraíbas, fora-lhe dado contemplar uma tromba d'água em movimento; aquela torre de chamas tinha quase a mesma forma. Mas a escala era ligeiramente diferente – a base da coluna devia ser mais larga que o planeta Terra. (CLARCK,1982, p.189).

Observamos no texto de Clarck (1982) uma explicação sobre o fenômeno com a presença de uma linguagem incompreensível sem muitas riquezas de detalhes. Para ele, é como se o leitor tivesse domínio sobre o assunto de tal forma não ser necessário enfatizar, repetidamente, a evolução das estrelas comuns até se formar a estrela anã-branca.

Pinto (2009) faz uma distinção entre as abordagens canônicas e não canônicas, apontando as características predominantes nos dois tipos de Divulgação Científica, verificando-se no trecho abaixo a relação que cada uma das abordagens consideram em

relação à postura dos personagens envolvidos no texto, bem como o nível de discurso científico apresentado por cada uma.

Chamamos a atenção, nesse breve exercício comparativo entre narrativas, para o fato de que a divulgação científica não canônica centraliza o foco da atenção do leitor nas contradições e conflitos existenciais dos personagens, ao passo que a divulgação científica canônica é impessoal e nela não há personagens específicos, com vida própria, recaindo a narrativa sobre os conceitos. Assim, os sujeitos não aparecem, pois o foco é centralizado na divulgação de conceitos e fatos da ciência. (PINTO, 2009, p. 304).

Em seguida, o autor ressalva que a Divulgação Científica canônica está preocupada em fornecer ao leitor resultados obtidos da produção científica e aspectos conceituais da ciência. Enquanto a não-canônica utiliza o fazer científico para explorar a reflexão sobre as inquietações da alma humana, o desenvolvimento da cognição das pessoas, chegando, muitas vezes, a exigir conhecimentos que as pessoas não estão aptas a obterem.

Diferentemente das obras canônicas, que usam da formação humana como mero recurso para se chegar à divulgação de conceitos e dos aspectos estruturais da ciência, as obras não canônicas centralizam o foco na apresentação de aspectos ligados ao desenvolvimento da formação de consciências, o que, em geral, não passa pelo discurso direto da ciência, mas pelo entendimento da dimensão subjetiva, apelando, em alguns casos, para reflexões relativas à dimensão do inconsciente. (PINTO, 2009, p. 305).

A divulgação não-canônica carrega consigo afirmações mitológicas, abordagens não conceituais, conflitos e contradições humanas. Mostra uma concepção implícita, deixando inacessíveis conceitos relevantes que facilitam a compreensão do público quanto à natureza da ciência. Por outro lado, foi possível verificar que a Divulgação Científica canônica traz elementos claros da ciência, tendo em vista um público não especializado, transformando jargões científicos em linguagem simples.

Outro conceito que aparece muito como sendo responsável por tornar conceitos abstratos, complexos e de difícil compreensão em linguagem acessível para um público leigo é a Popularização da Ciência. Será possível perceber algumas semelhanças entre a expressão anterior e a Divulgação Científica, a tal ponto de muitos autores classificarem ambas como possuindo o mesmo sentido, mas para outros há uma diferença entre elas.

3.4 Popularização da Ciência – Ciência e Cidadania

Germano e Kuleza (2007) apontam que o termo Popularização da Ciência nasceu na França por volta do século XIX em substituição ao termo vulgarização. No decorrer do

tempo, serviu como meio de levar a ciência até ao público leigo, tendo em vista a necessidade de se ter uma sociedade informada sobre o desenvolvimento científico e tecnológico, pois o abismo que separa o meio acadêmico e a forma como a ciência é apresentada às pessoas, chega a excluir essa camada da população.

Negar a população o direito de ter conhecimentos sobre temas ligados a ciência e tecnologia é retirar os seus direitos de exercer o princípio da cidadania na sociedade. O que dificulta o acesso da população sobre a produção científica e tecnológica pode ser observado nos constantes conflitos existentes entre cientistas e jornalistas da ciência, fato esse que foi possível constatar anteriormente.

Albagli (1996) esclarece que a separação entre a comunicação científica e o jornalismo científico ocorreu por volta do século XIX com a especialização e profissionalização da atividade científica. O autor pondera que na segunda guerra mundial, a sociedade passou a ter interesse em informações sobre o desenvolvimento da ciência. Isso, também, possibilitou uma ampliação no espaço dedicado à mídia para popularização dos assuntos relacionados ao conhecimento científico.

José Reis⁵ (1982), economista, médico, microbiologista e professor da Universidade de São de Paulo, considerado um dos pioneiros do jornalismo científico e da Divulgação Científica no Brasil nos anos 40. Foi um dos fundadores da Sociedade brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) que tinha como objetivo contribuir com a expansão da popularização da ciência.

A democratização da ciência abre espaço para várias formas de disseminar o conhecimento científico, principalmente por meio da mídia que tem o poder de atrair um considerável número de público em um curto intervalo de tempo. Podemos citar os jornais, textos, documentários, vídeos, entre outros, como meios capazes de tornar acessível a linguagem científica para um público amplo.

Mueller (2002, p.1) considera a necessidade de o público leigo acessar conhecimentos científicos para que sejam capazes de tomarem posições na vida diária. Ele salienta que essa camada da população não possui conhecimentos técnicos para ler textos científicos, principalmente aqueles que são dirigidos a outros pesquisadores da área. Assim, torna-se necessária uma mudança de linguagem por vários canais de comunicação que possibilitem chegar ao público geral: “Esse processo de transposição

⁵ Moreira, Ildeu de Castro, and Luisa Massarani. "Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil." *Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil*. Rio de Janeiro: Casa da Ciência–Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da UFRJ (2002): 44-64.

das ideias contidas em textos científicos para os meios de comunicação populares é chamado de popularização da ciência”.

Mueller (2002) e Candotti (2002) compartilham a mesma opinião ao destacarem que a ciência, quando possível, deveria ser comunicada pelo pesquisador da área, assim como fazem em revistas especializadas. Necessita que eles façam a simplificação da linguagem apropriada para apresentar os resultados de suas pesquisas em nível do cidadão comum.

Então, surgem os seguintes questionamentos: Qual a necessidade de tornar acessível o conhecimento científico e tecnológico ao público leigo? A popularização da ciência é um recurso capaz de minimizar a desinformação da sociedade sobre temas ligados a ciência e tecnologia? De acordo com Silva, Arouca e Guimarães (2002, p. 155) a Popularização da Ciência possui 3 (três) objetivos básicos quando consideramos sua utilidade para a sociedade.

1. afirmar o direito de cidadania com relação ao conjunto das questões científicas e tecnológicas;
2. despertar vocações científicas nos jovens;
3. gerar parâmetros para a própria comunidade científica

Os autores ressaltam o impacto que o avanço da ciência e tecnologia pode causar na sociedade, seja em seus aspectos positivos ou negativos, de tal forma a moldar a vida dos homens e do universo. Quando se considera os aspectos físicos, danos e riscos pode-se considerar o acelerado crescimento do efeito estufa, a destruição da camada de ozônio, a poluição do planeta e a poluição de águas que podem tornar a vida dos seres humanos e de outras espécies insustentáveis.

O acesso da população a produção científica se constitui como um princípio de cidadania, o que lhes garante o direito de participar e opinar sobre assuntos da ciência, bem como a existência de ameaças reais a integridade física e espirituais da humanidade. Podemos reforçar o que foi dito com os pensamentos de Bazzo (1988), ao afirmar que:

É inegável a contribuição que a ciência e a tecnologia trouxeram nos últimos anos. Porém, apesar desta constatação, não podemos confiar excessivamente nelas, tornando-nos cegos pelo conforto que nos proporcionam cotidianamente seus aparatos e dispositivos técnicos. Isso pode resultar perigoso porque, nesta anestesia que o deslumbramento da modernidade tecnológica nos oferece, podemos nos esquecer que a ciência e a tecnologia incorporam questões sociais, éticas e políticas. (BAZZO, 1988, p. 142).

Os impactos causados pela ciência e tecnologia na sociedade também estão voltados para questões políticas, sociais, ambientais e éticas. É visível o quão amplo e complexo é falar em democratização do conhecimento para o público leigo, bem como evidencia a importância da população saber sobre as vantagens e desvantagens do avanço científico e tecnológico na sociedade. A esse respeito Bazzo (1988, p. 34) defende que: “o cidadão merece aprender a ler e entender – muito mais do que conceitos estanques - a ciência e a tecnologia, com suas implicações e consequências, para poder ser elemento participante nas decisões de ordem política e social que influenciarão o seu futuro e o dos seus filhos”.

Podemos notar que as atividades relacionadas a Popularização da Ciência estão voltadas ao cidadão participativo aos anseios da sociedade, seja por meio do ensino em que há possibilidade de despertar nos alunos, o interesse em atuar na área da pesquisa ou, pela veiculação de informações acessíveis à sociedade, ao desenvolvimento científico e tecnológico em uma linguagem clara ao público.

Assim, a popularização da ciência deixa de ser um fim em si mesmo e adquire o significado de direito do cidadão e uma das condições necessárias à formação e capacitação dos indivíduos para lidarem com o mundo em que estão inseridos. (SILVA; AROUCA; GUIMARÃES, 2002, p. 157).

Os autores acrescentam que, embora os cidadãos tenham o direito de ficar informado sobre o que é produzido na academia científica, existem outras razões para a existência da Popularização da Ciência. Uma delas é de ordem econômica que exige dos cientistas, jornalistas, instituições e governos o desenvolvimento de ações nessa área.

Quando falamos em democratização do conhecimento, estamos garantindo o acesso por parte da população aos desenvolvimentos científicos e tecnológicos, capaz de trazer a dimensão do desenvolvimento social para a população. A sociedade deve participar de discussões sobre assuntos ligados a ciência e tecnologia, bem como sobre os benefícios e malefícios que ambos podem causar no meio social, com direito a vez e voz. A linguagem científica não deve ser limitada apenas a especialistas da área, faz-se necessário a igualdade do conhecimento para todos como exercício de cidadania.

A população deve ser inserida no debate sobre questões envolvendo assuntos científicos e tecnológicos, não participar apenas dos resultados finais. Sobre essas questões Silva, Arouca e Guimarães (2002) ponderam que é necessário capacitar os

cidadãos para posicionar-se de maneira consciente e crítica sobre informações das tecnociências, bem como ter condições de ler e escrever, compreender e opinar sobre o desenvolvimento da ciência e tecnologia.

Albagli (1996) considera que a Popularização da Ciência se torna mais relevante em países desenvolvidos, tendo em vista a necessidade de os cidadãos compreenderem o processo de desenvolvimento científico e tecnológico, bem como para se posicionarem criticamente sobre temas ligados à sociedade.

É nesses países que a população leiga mais necessita ter acesso a informações científicas que se relacionam com problemas da sua vida cotidiana, como saúde e higiene, nutrição, uso de fertilizantes e pesticidas etc, bem como que a instrumentalize para assimilar criticamente e contribuir criativamente para o avanço científico-tecnológico da humanidade em geral. (ALBAGLI, 1996, p. 403).

Nessa perspectiva, a popularização da ciência se insere como ferramenta capaz de melhorar a comunicação entre assuntos ligados a ciência e o público leigo, que são muitas vezes privados do acesso as informações advindos da ciência e tecnologia. Germano (2011) ver a Popularização da ciência e tecnologia como recurso capaz de transformar o conhecimento caracterizado pelo senso comum das pessoas. Para ele, a negação do conhecimento científico a essa camada da população se caracteriza como uma ação agravante de exclusão social, podendo ser minimizada através da democratização do conhecimento.

O autor advoga pelo acesso da população as informações referentes à ciência e tecnologia como necessidade de acompanhar o desenvolvimento econômico dos países: “Nesse caso, o atraso em ciência e tecnologia é considerado uma das fortes razões para a dependência econômica e a pobreza de alguns países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento” (GERMANO, 2011, p.327).

A democratização do conhecimento científico torna-se possível por meio da popularização da ciência, uma vez que os documentários se insere como ferramenta capaz de levar ao público leigo assuntos ligados a ciência e tecnologia. A população precisa estar informada sobre os impactos causados na sociedade devido ao constante avanço científico e tecnológico.

Quando atendidos aos requisitos para uma obra de popularização da ciência, os documentários científicos podem se tornar um meio de levar assuntos produzidos pela academia científica até o público não especializado em linguagem acessível. Assim, a democratização da ciência tornará os cidadãos participativos e capazes de opinar sobre

questões envolvendo a ciência e tecnologia. Silva, Arouca e Guimarães (2002) acrescentam que a popularização da ciência, em especial a alfabetização científica, não se restringe apenas aos direitos do cidadão. Para eles, existem a participação de ordem econômica que determinam que cientistas, jornalistas, instituições e governos desenvolvam ações nessa área.

Germano (2011) aponta que o ato de Popularização da Ciência é uma ação além da Divulgação Científica, voltada a uma ação transformadora e libertadora de uma prática social, em que os indivíduos tomam consciência do seu papel enquanto cidadãos, agindo para modificar a realidade na qual estão submetidos a viver. Em suas palavras, ele aponta que popularizá-la:

É colocá-la no campo da participação popular e sob o crivo do diálogo com os movimentos sociais. É convertê-la ao serviço e às causas das maiorias e minorias oprimidas numa ação cultural que, referenciada na dimensão reflexiva da comunicação e no diálogo entre diferentes, oriente suas ações respeitando a vida cotidiana e o universo simbólico do outro. (GERMANO, 2011, p. 305).

Percebe-se que os termos usados para a ciência chegar ao público são interpretados, muitas vezes, por diferentes modos dependendo do autor. Autores como Albagli (1996); Massarani⁶ (1998) e Caribé (2015), por exemplo, concernem que Divulgação Científica e Popularização da Ciência são conceitos que com o mesmo significado. Para a conveniência desta dissertação iremos considerar as mesmas ideias dos autores mencionados, mesmo sabendo que há uma sutileza entre ambas.

3.5 A concepção da ciência de Sagan diante da Epistemologia do século XX

Em suas obras de Popularização da Ciência, Sagan sempre buscava a elaboração de hipóteses alternativas sobre conhecimentos científicos convencionalmente aceitos, descrevendo fenômenos diferentemente de outras formas de pensamentos comumente estabelecidos, aceitando duramente as evidências contrárias aos seus mais estimados anseios (PEREIRA, 2013).

Popper (2003) defende um realismo fundamentado numa postura metafísica, no qual ele acreditava que hipóteses conjecturais poderiam tentar descrever todos os

⁶ Massarani (1998) no início de sua dissertação de mestrado entende que é um equívoco usar os termos popularização e divulgação da ciência como sinônimos, mas pelo propósito do trabalho preferiu usá-lo.

fenômenos do mundo que nos rodeia. Além disso, as teorias sempre seriam aproximações da verdade, mas que nunca poderíamos chegar a ela. Então, a metafísica sempre mostrava o caminho a seguir no desenvolvimento da ciência.

Sagan, também, defende notoriamente o realismo científico, doutrina vinculada ao princípio da veracidade aproximada das teorias, bem como aos processos não observáveis do mundo. Na sua concepção, não há um método definitivo para se definir o que é ciência, como, também, não há um método único para se alcançar o conhecimento científico.

É seguro dizer que a filosofia da ciência difusa nos trabalhos de divulgação de Sagan carrega uma interpretação realista do empreendimento científico e, por conseguinte, trabalha com o referencial de verdade (ainda que aproximada ou de caráter assintótico) e com a crença no *status* ontológico positivo das entidades teóricas postuladas por ciências como a física, a astronomia e a biologia. (ALBERGARIA, 2013, p. 60).

Em contrapartida, Alan Chalmers atribui importância ao modelo falsificacionista de Popper como fator significativo para o crescimento da ciência. Em suas palavras:

Aprendemos com nossos erros. A ciência progride por tentativa e erro. Por causa da situação lógica que torna impossível toda derivação de leis universais e teorias a partir da observação, mas permite a dedução de sua falsidade, as falsificações tornam-se importantes referências, realizações impressionantes, os grandes pontos de crescimento da ciência. (CHALMERS, 1999, p. 67).

Chakravartty (2007) considera correta a postura daqueles defensores do realismo científico e acredita que, com sucessivas aproximações, as teorias melhorem em relação à verdade. Para o autor, os elementos da natureza são responsáveis pelo progresso da ciência, bem como servem como fatores determinantes para sustentar a visão compartilhada pelos realistas.

A epistemologia da ciência não possui método único quando o assunto é alcançar o conhecimento científico; são vários filósofos que trazem contribuição para essa área do conhecimento. Diferentemente de Popper, Feyerabend (1977) mostra uma visão de que a ciência não é uma sucessiva aproximação da verdade, mas antes de tudo uma inesgotável fonte de possibilidades conflitantes concorrentes entre si.

Em seu livro *O mundo assombrado pelos demônios*, Sagan mostra sua visão racionalista no processo de desenvolvimento da ciência e, assim como Popper, defende o modelo da observação e experimentação para alcançar o conhecimento científico. Segundo ele, só através dessa forma é que a ciência progride. Além disso, esse método

se torna um bom instrumento essencial para distinguir as ciências das pseudociências, que Sagan tanto condenava.

Podemos observar em Pereira (2013) a postura de Sagan quanto ao modelo de observação e experimentação no processo de desenvolvimento da ciência da seguinte forma:

Sagan não faz distinções bastante significativas entre processos históricos por vezes radicalmente diferentes a que dá o nome de *ciência*. Dependendo do contexto, essa categoria abarca todo conhecimento humano sujeito à crítica e à observação/experimentação, ou apenas se refere à ciência moderna ou mesmo à *big Science* pós-Segunda Guerra Mundial. (PEREIRA, 2013, p.26).

Feyerabend (1977) com seu posicionamento irracionalista faz fortes críticas aos conceitos de razão e objetividade, bem como se posiciona contra e não crê em uma metodologia científica. Sendo assim, temos mais uma evidência de que as ideias de Feyerabend não estão de acordo ao modelo de Divulgação Científica de Sagan que em suas obras repudiava o irracionalismo.

Para Pereira (2013, p.26) Sagan rejeitava o relativismo epistemológico. Não foi um historiador ou filósofo da ciência, mas carregava consigo em suas obras de divulgação, uma postura não-sistematizada ou semi-sistematizada da história e filosofia da ciência. Além disso, podemos notar em seus trabalhos que ele divergia do anarquismo de Feyerabend e do princípio de incomensurabilidade de Kuhn/Feyerabend da forma como era construído o conhecimento científico: “(...) a ciência para ele é uma forma de pensar que exercita a autocrítica e submete-se à verificação empírica; é uma ferramenta, invenção humana, desenvolvida pela seleção do córtex cerebral *porque funciona*”.

Pereira (2013) ressalva que quanto ao método de alcançar o conhecimento científico, Sagan atribuía à força da experimentação na resolução de contendas teóricas como fator preponderante para corrigir a ciência com traços colhidos da realidade. Podemos perceber a admiração de Sagan por tal ideia no texto que segue: “Sempre que possível, os cientistas experimentam. Os experimentos propostos dependem frequentemente das teorias que predominam no momento”. (SAGAN, 2006, p.41).

Uma das virtudes atribuídas à ciência por Sagan (2006) é que ela se torna uma ferramenta capaz de separar as hipóteses verdadeiras das falsas. O progresso científico está vinculado ao processo rigoroso pelo qual modelos e teorias devem se submeter. Diante disso, ele propõe que a ciência seja um mecanismo autocorretivo, aplicável a tudo, tendo em vista que quando não somos autocríticos, estamos indo em caminho da superstição e pseudociência.

Sagan (1992) demonstra que a autocrítica tem suma importância para o desenvolvimento da ciência e ressalva que os cientistas estão constantemente elaborando novas hipóteses. Essas, muitas vezes, são pensadas de maneira equivocada, sendo assim há a necessidade de serem colocadas à prova por um processo cuidadoso e rigoroso.

Sagan (1992), também, deixa clara a necessidade e o poder que tem a experimentação para o sucesso da ciência, pois somente ao colocar as hipóteses a padrões rigorosos e a confrontação com outras é que se alcançava o conhecimento científico. “Sem experimentos, não havia como escolher entre as hipóteses e nenhum meio para a ciência progredir” (SAGAN, 1992, p.185).

Uma das ideias de Sagan e que podemos constatar em Pereira (2013) é a de que os cientistas deveriam ser impiedosamente críticos com suas próprias hipóteses e solução de problemas: “Os cientistas cometem erros. Por isso, cabe ao cientista reconhecer as nossas fraquezas, examinar o maior número de opiniões, ser impiedosamente autocrítico” (SAGAN,2006). Podemos, mais uma vez, constatar a semelhança das ideias de Sagan com o falsacionismo de Popper, bem como a sua contraposição com o que Kuhn defendia. Para Popper (1975), quando há um fracasso no processo de desenvolvimento da ciência, o que se coloca à prova é a conduta e os instrumentos dos cientistas, pois, segundo ele, esses não estão mais aptos a resolverem problemas relacionados à ciência.

Existem outras passagens nas obras de Sagan que mostram claramente a semelhança entre suas obras e o falsacionismo de Popper, além da posição referente ao ceticismo que ambos defendem. Um exemplo está contido no seguinte texto: “Esse tipo de hipótese é falsificável, uma propriedade que a insere na arena científica.” (SAGAN, 2006, p.56).

Kuhn (2003) critica a posição adotada por Popper ao afirmar que os cientistas na ciência normal resistem e sobrevivem a qualquer nova teoria, guiado por um paradigma. Na sua concepção, os cientistas são sempre guiados pela teoria, ao inovar seus instrumentos e eliminar do seu caminho todas as barreiras que possam vir a comprometer o caminho da ciência. Então, em Popper, o cientista é crítico com seus métodos, já para Kuhn, ele é revolucionário: “(...) e esse é o meu único desacordo genuíno com Sir Karl a respeito da ciência normal – que tendo à mão uma tal teoria já se passou o tempo para a crítica constante e a proliferação de teorias” (KUHN, 2003, p.274).

Na observação feita entre as teorias de Popper e Kuhn podemos constatar que ambos diferem quanto ao método de alcançarmos o conhecimento científico. De uma forma bem grotesca “O que é genuinamente científico para Kuhn, mal chega a ser ciência para Popper, e o que é genuinamente científico para Popper, mal chega a ser ciência para Kuhn” (LAKATOS E MUSGRAVES, 1979).

A autocrítica presente nas ideias de Sagan, também, é um dos motivos de divergências com as obras dos filósofos Kuhn e Feyerabend, pois não estão explícitos quais são os limites da autocrítica determinados por ele: “Seria preciso levantar quais, exatamente, são os limites do ceticismo organizado e o que possibilita (ou impede) aos cientistas enxergarem inconsistências e erros nos seus próprios trabalhos e nos de outrem” (PEREIRA, 2013).

Na concepção de Popper e, também, de Sagan, os resultados dos experimentos são guiados pela teoria, mas não são determinados por ela. Outro ponto em que Sagan concorda com as ideias de Popper está relacionado ao fato de que ambos acreditavam que o nascimento da ciência se deu na tradição dos filósofos jônicos (PEREIRA, 2013). De acordo com Sagan (1992, p.183) “Muitos jônicos acreditavam que a harmonia do universo seria acessível através da observação e das experiências, método que domina a ciência de hoje”.

Sagan (2006) em uma relação popperiana, cita como exemplo a teoria newtoniana para evidenciar que os cientistas buscam constantemente falhas, até mesmo em teorias consolidadas, por meio da crítica e do inconformismo. Nesse caso, ele cita a questão da relatividade de Einstein como generalização da mecânica de Newton, a qual falhou para altas velocidades comparadas à da luz e afirma que entre ambas as teorias há um certo domínio de validade.

Em velocidades elevadas e gravidades fortes, a física de Newton se desmantela. Essa é uma das grandes descobertas da relatividade especial e geral de Albert Einstein, uma das razões para sua memória ser tão exaltada. A física newtoniana é válida numa ampla gama de condições, inclusive as da vida cotidiana. Mas em certas circunstâncias muito inusitadas para os seres humanos - afinal, não temos o hábito de viajar quase à velocidade da luz - ela simplesmente não dá a resposta correta; ela não se ajusta às observações da Natureza (SAGAN, 2006, p. 38).

Ademais, ele vai mais além quanto aos aspectos da busca aproximada da verdade das teorias: “A física de Newton se revela uma aproximação da verdade, boa em algumas circunstâncias com que estamos rotineiramente familiarizados, ruim em outras” (SAGAN, 2006, p. 38). Um dos fatores enfocados por Sagan é que os cientistas buscam rupturas

nas teorias, ao fazer sucessivos testes e buscar aproximações da verdade, mesmo que ela não possa ser alcançada.

Para Feyerabend (1977) a ciência não é tão simples quanto parece, pois existe uma certa complexidade quanto aos erros de interpretação dos fatos e imprevistos pelos quais os cientistas não terão capacidade de solucionar por meio de uma postura crítica. Assim, haverá enganos na história da ciência por existirem falhas em alguns pontos em que os cientistas não conseguiram analisar.

Para o filósofo Laudan (1977) por mais que possamos nos aproximar da verdade jamais conseguiremos identificar quando chegamos. Segundo ele, a ciência é uma sucessiva resolução de problemas, na qual se torna conveniente observar os méritos da teoria e não perguntar se elas são verdadeiras, corroboradas ou justificáveis.

Em defesa ao ceticismo, Sagan retira um exemplo da relatividade e dois da mecânica quântica para mostrar o quanto são difíceis e bizarras algumas ideias que vão contra a intuição. Estabelece que a ciência precisa de um ceticismo mais vigoroso, bem como a necessidade de uma confirmação advinda da experimentação como julgadora entre hipóteses conflitantes.

Considere-se a seguinte afirmação: enquanto caminho, o tempo ã medido pelo meu relógio de pulso ou pelo meu processo de envelhecimento - atrasa. E também encolho na direção do movimento. E também me torno mais pesado. Quem já testemunhou uma coisa dessas? É fácil rejeitar tal afirmação sem demora. Eis outra: em todo o Universo, a matéria e a antimatéria estão sendo criadas a partir do nada o tempo todo. Eis uma terceira: uma vez na vida, outra na morte, o carro passar· espontaneamente pela parede de tijolos da garagem e será encontrado na rua na manhã seguinte. São todas afirmações absurdas! Mas a primeira é uma declaração da relatividade especial e as outras duas são consequências da mecânica quântica (flutuações no vácuo e efeito túnel, * como são chamadas). Goste-se ou não, o mundo é assim. Se insistirmos que é ridículo, nos fecharemos para sempre a algumas das principais descobertas sobre as leis que regem o Universo. (SAGAN, 2006, p. 261).

Podemos observar na citação e, também, nas palavras de Pereira (2013), a importância que Sagan coloca na teoria da relatividade e mecânica quântica para conhecer o mundo na sua forma.

Em linhas gerais, Sagan credita à física contemporânea (relatividade e mecânica quântica) uma capacidade de revelar o mundo tal como ele é. Em outra formulação, pode-se dizer que Sagan acredita na capacidade da física em capturar aspectos reais do mundo, constituindo um corpo de conhecimento aproximadamente verdadeiro acerca de determinadas propriedades da realidade física. (PEREIRA, 2013, p. 54).

Com base no trabalho de Pereira (2013) traçamos uma apresentação sobre a visão que Carl Sagan tinha para divulgar/popularizar a ciência na sua época. Na próxima seção, iremos apresentar a fundamentação teórica sobre a origem histórica da Teoria da Relatividade Especial com base nos trabalhos do professor Roberto de Andrade Martins, de tal forma que teremos uma base sólida para analisar o que está proposto nos objetivos específicos da dissertação.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Teoria da Relatividade Especial – TRE: aspectos históricos

Para termos uma visão abrangente dos aspectos históricos da TRE iremos abordar neste texto as contribuições de outros autores renomados que se tornaram peças fundamentais no processo histórico da ciência. Com isso, é necessário buscarmos no livro “A Origem Histórica da Relatividade Especial” do professor Roberto de Andrade Martins, uma abordagem de textos originais sobre o desenvolvimento da HC em relação ao conteúdo.

É importante mencionar antes que o conteúdo relacionado a TRE é motivo de bastante discussão entre autores renomados quando o assunto é trabalhar tal conteúdo na educação (OSTERMANN, 2000; TERRAZAN, 1992; KÖHNLEIN, 2003; TOLEDO e SANTOS, 1997; OSTERMANN e MOREIRA, 2000, dentre outros). São várias as pesquisas realizadas com o propósito de inserir a TRE no currículo escolar e como ferramenta didática no processo de ensino-aprendizagem das escolas.

Algumas conclusões obtidas por Pérez (1986) apontam que tanto os livros didáticos quanto os professores não deixam clara a distinção que ocorre entre a Física Clássica e a TRE. Há erros conceituais que prejudicam o ensino-aprendizagem dos alunos de tal forma que surge a necessidade de apresentar uma visão clara e elementar do conteúdo.

Os materiais utilizados como ferramenta didática em sala de aula trazem uma visão distorcida dos aspectos históricos da História da Ciência - HC, quando atribuem à revolução da Física Clássica um entendimento moderno da ciência como sendo obra exclusivamente do físico alemão Albert Einstein. Mas, será visto no decorrer do texto a importância de outros autores renomados da ciência que contribuíram até mesmo antes de Einstein para o surgimento da TRE, não ficando restrito apenas a ele a grande evolução ocorrida na HC.

Uma contribuição importante ao desenvolvimento da TRE atribui-se a Jules Henri Poincaré (1854-1912), mas pouco lembrado pelos livros e textos da área da física. Ele também ficou conhecido pelos seus feitos na área da filosofia e da matemática, tornando-se um dos maiores pesquisadores influentes do século XIX e XX.

Sua influência foi perceptível na TRE antes mesmo dos trabalhos de Einstein. Desenvolveu suas ideias ao elaborar algumas respostas a artigos importantes que haviam

sido publicados na época, tendo como autores Larmor e Lorentz. Em sua análise detectou que continham erros e trouxe várias contribuições à construção de uma nova teoria.

Foi ele quem batizou as “transformações de Lorentz”, trouxe a forma pela qual a conhecemos hoje, além de preocupar-se com a interpretação física de tal teoria. Para ele existiam erros que quebrariam a proposta de sincronização de relógios para diferentes referenciais e que o resultado seria o mesmo, caso fossem utilizados sinais luminosos. Destacou também que a velocidade da luz era a mesma para todos os referenciais (MARTINS, 2015, p.129).

Henri Poincaré mostrou também que as transformações de Lorentz levavam a ideia de uma dilatação do tempo e discutiu o significado físico desse efeito. Utilizando as mesmas transformações, mostrou que a velocidade da luz no vácuo era a velocidade limite que se poderia obter, utilizando composição de velocidades.

No mesmo trabalho Poincaré acatou uma postura radical ao adotar uma ruptura com a antiga física, por reconhecer a necessidade de uma nova dinâmica aplicável a todos os corpos e não só ao elétron, além de uma revisão em todas as leis físicas. Para ele, todos os princípios deviam estar de acordo com o eletromagnetismo e a relatividade.

Em 1895, ele publicou um artigo que discutia as ideias de Larmor, bem como esclareceu os princípios que norteariam as pesquisas a partir dessa época. Em suas conclusões destaca: “É impossível medir o movimento absoluto da matéria, ou melhor, o movimento relativo da matéria em relação ao éter. Só se pode evidenciar o movimento da matéria em relação à matéria.” (MARTINS, 2015).

4.2 O ano de 1905

Em 1905, Poincaré trouxe contribuições importantes para a TRE, em um dos seus trabalhos com um conteúdo, publicado na Itália um ano após a referida data em pauta, ou seja, um ano depois da publicação de Einstein. O segundo abordava um conteúdo curto e trazia resultados importantes, sendo publicado na revista Academia de Ciências de Paris na França.

No trabalho mais longo, Poincaré trouxe algumas correções para a teoria de Lorentz. Salientou a necessidade de fazer algumas modificações na transformação da

densidade de corrente, para que os fenômenos eletromagnéticos fossem os mesmos, tanto para referenciais em repouso quanto em movimento com relação ao éter⁷.

Defendeu que mesmo os fenômenos das transformações de Lorentz sendo válidos para um referencial em repouso e, outro em movimento, poderia ser aplicada para dois em movimento. Inseriu uma quarta dimensão e mostrou a invariância relativística como o intervalo espaço-temporal. Muitas vezes, os livros atribuem o feito a Minkowski, o qual só desenvolveu e complementou seus trabalhos sobre o assunto anos depois. Também, trouxe várias contribuições à dinâmica relativística.

No mesmo trabalho Poincaré iniciou algumas discussões sobre o que acontecia quando misturava a relatividade no estudo da gravitação. Detectou que, assim como o campo eletromagnético, o gravitacional, também, possui diferentes valores para referenciais diferentes.

Martins (2005b) traz um panorama sobre algumas descobertas existentes antes à contribuição de Einstein em 1905, quando foi feita a publicação do seu trabalho:

- 1- O princípio da relatividade;
- 2- As transformações de Lorentz para o espaço e tempo;
- 3- As transformações das grandezas eletromagnéticas;
- 4- A maior parte da dinâmica relativística. (MARTINS, 2005b, p. 21-22).

Além disso, o autor menciona os principais resultados existentes na dinâmica relativística antes que Einstein pudesse trazer suas contribuições sobre a TRE:

- 1- A equação da variação da massa do elétron com a velocidade;
- 2- A relação entre fluxo de energia e densidade de momento;
- 3- A relação entre massa e energia, em alguns casos específicos (sem formulação geral). (MARTINS, 2005b, p. 22).

Necessário ressaltar que todas essas contribuições delongaram para ser estabelecidas. Não chegaram em um resultado final por um passe de mágica, nem mesmo por serem resultado de uma “genialidade”. Houve outros autores importantes que trouxeram ideias essenciais para o desenvolvimento da teoria relativística.

Discutimos aqui algumas evidências sobre o que existia antes que Einstein desse sua contribuição à teoria relativística. Vimos que Poincaré e Lorentz tiveram algumas

⁷No final do século XIX um dos grandes questionamentos envolvendo a ciência era entender por qual meio as ondas eletromagnéticas se propagavam, surgindo assim a ideia do éter luminífero. O éter possui diferentes significados quando interpretado por autores distintos. Para o filósofo Aristóteles o éter seria como um quinto elemento, além dos já conhecidos, fogo, terra, água e ar. René Descartes o considerava como sendo um meio perfeitamente elástico e transmissor de luz.

influências sobre os resultados obtidos. Mas, o que Einstein trouxe de novo para TRE em 1905?

Martins (2005b) elenca algumas contribuições de Einstein em 1905, essenciais ao desenvolvimento da TRE. De acordo com ele, houve três novidades importantes implementadas que, até então, não se havia percebido por nenhum outro autor:

- 1- Uma delas é a estruturação da *teoria da relatividade*⁸ de um modo muito mais simples do que os trabalhos de Lorentz e Poincaré.
- 2- A segunda novidade de Einstein, em 1905, foi propor a equação $E = mc^2$ como uma relação geral da sua teoria.
- 3- A terceira novidade do trabalho de Einstein de 1905 é epistemológica e não física. Ele negou a validade da ideia de éter, alegando que a física apenas deveria lidar com aquilo que pode ser observado e medido. (MARTINS, 2005b, p. 22).

Einstein em 1920 mudou sua visão em relação ao éter que ele tanto questionava. Pois até então, não precisaria abandonar o éter para utilizar os dois postulados da relatividade (MARTINS, 2005b). Em uma conferência, Einstein fez o seguinte pronunciamento:

Recapitulando, podemos dizer que, de acordo com a teoria da relatividade geral, o espaço tem qualidades físicas; neste sentido, portanto, existe um éter. De acordo com a relatividade geral, um espaço sem éter é impensável [Gemäß der allgemeinen Relativitätstheorie ist ein Raum ohne Äther un-denkbar]; porque em tal espaço não haveria propagação da luz, nem possibilidade de padrões de espaço e de tempo (regras de medida e relógios), nem intervalos de espaço-tempo, no sentido físico. (Einstein, 1920, p. 32).

Necessário mais uma vez deixar claro a importância da HC ao desenvolvimento da TRE, bem como a contribuição de cada autor no desenvolvimento da ciência, deixando de lado a concepção de que Einstein desenvolveu tal teoria sozinho, como é possível perceber em alguns textos. De acordo com Martins (2005b):

Se Einstein nunca tivesse nascido, o desenvolvimento da física relativística teria sido ligeiramente diferente. Provavelmente a ideia do éter continuaria a ser aceita por quase todos (embora fosse rejeitada pelos empiristas do início do século). Poderia também demorar bastante para que outra pessoa produzisse uma versão das teorias de Lorentz e Poincaré que fosse mais simples e fácil de manipular. Mas praticamente todos os resultados físicos da teoria da relatividade especial surgiram antes de Einstein, e nesse sentido a história da física poderia ter prescindido de seu nascimento. (MARTINS, 2005b, p. 23).

⁸ Einstein deduziu os resultados básicos (a cinemática relativística) a partir de dois postulados (o princípio da relatividade e o princípio da constância da velocidade da luz). Os dois princípios não eram novos, é claro. O primeiro (da relatividade) já havia sido proposto claramente, com esse mesmo nome, por Poincaré. O segundo era uma consequência direta da suposição de que existia o éter e que a luz era uma onda que se propaga nesse meio (MARTINS, 2005b, p. 22).

O desenvolvimento posterior da relatividade restrita teve a presença de outros autores importantes e renomados que deram a sua contribuição ao desenvolvimento da ciência. A termodinâmica relativística foi desenvolvida por Marx Planck, a formulação tensorial do eletromagnetismo relativístico de Abraham e Minkowski, a dinâmica relativística de meios contínuos continuada por Max Von Laue, dentre outros.

Assim, fica evidente a contribuição de diversos autores com trabalhos anteriores e posteriores às contribuições de Einstein no surgimento da TRE e desenvolvimento da ciência. É possível observar que ele não foi o único responsável por tamanho feito, mas que livros e textos trazem deturpações quando apresentam sua figura como o maior “gênio” da HC.

4.3 A Relatividade na Mecânica Clássica

A relatividade não é um fato novo, nota-se uma construção de suas influências na ciência, uma delas estava na teoria de considerar que a terra se movia. A terra é apresentada nas escolas como sendo um ente que gira em torno do seu eixo, bem como em torno do sol. O fato é que não sentimos o seu movimento, nem mesmo detectamos tal fenômeno ao nosso redor.

O modelo geocêntrico trouxe a ideia de que a terra era o centro do universo e que os demais corpos celestes, inclusive o sol, girava ao seu redor. A astronomia moderna veio para retirar a ideia que a terra era o centro do universo e apresentar um novo modelo que colocava o sol como ocupando essa posição. Embora tenha havido resistência em aceitar a nova descoberta, inclusive por parte da igreja, a ideia é aceita até hoje como modo de descrever o universo.

A mecânica clássica é apresentada por textos e livros como sendo uma construção única e exclusiva do pensador Isaac Newton. Poucas são as atribuições feitas a outros grandes nomes da história, tais como, Galileu Galilei, Kepler, Copérnico, Aristóteles, Ptolomeu, dentre outros. Da mesma forma, a Teoria da Relatividade Especial que veio responder alguns questionamentos que a mecânica clássica não oferecia respostas, foi creditada a Albert Einstein.

Copérnico (1473-1543), um monge polonês, propõe o modelo heliocêntrico, em que os planetas desenvolvem órbitas circulares concêntricas em torno do sol. Não conseguiu desenvolver a nova mecânica, somente possível o seu feito no século XVII. Geralmente, atribui-se a Galileu Galilei o pioneirismo por desenvolver essa nova física. O que se

observa é que o pensamento de Galileu estava numa zona intermediária entre as ideias antigas de Aristóteles e mecânica clássica de Newton (MARTINS, 1994a). Ele defendia o modelo heliocêntrico de Copérnico e atacava as teorias de Ptolomeu e a física de Aristóteles (MARTINS, 1986).

Considerado um dos maiores pensadores da antiguidade, Aristóteles IV a.C., foi responsável por criar as primeiras leis da mecânica. Com base em conceitos do dia a dia, ele concluiu que os corpos buscam o seu estado natural na natureza, ou seja, corpos mais pesados eram puxados até o solo, assim como corpos mais leves para cima.

Aristóteles trouxe fortes argumentos que comprovavam que a terra estava mesmo parada. No tratado sobre o Céu (DE CAELO, II.14) ele afirma que se fossem jogados objetos pesados violentamente para cima, esses retornariam para o mesmo lugar de partida independentemente da altura atingida. Caso a terra estivesse realmente girando, isso não poderia ocorrer devido ao deslocamento da superfície da terra no período em que o objeto estivesse no ar, de tal forma que quando ele retornasse a pessoa não estaria mais lá (MARTINS, 1986).

Galileu Galilei (1564-1642) veio sepultar de vez a ideia concebida pelo pensamento aristotélico de que corpos mais pesados caem mais rapidamente, contribuindo com o princípio da inércia. Depois de fazer várias medidas, ele descobre que o peso dos corpos nada influencia na rapidez de suas quedas. Mostrou que ao contrário do que pensava Aristóteles, fossem leves ou pesados, os corpos levavam o mesmo tempo para atingir o solo, bem como uma pedra abandonada do de um navio sempre cairia sobre o seu pé, esteja o navio parado ou em movimento.

Kepler (1571-1630) veio mostrar que o movimento do planeta em relação ao sol não era constante, mas variava de acordo com a distância entre eles. Suas ideias vieram para aprimorar o pensamento de Copérnico, ao afirmar que os corpos celestes não descrevem órbitas circulares, mas elípticas.

Newton (1642-1727) foi o responsável pelo princípio da relatividade ao apontar as diferenças entre os movimentos de rotação e translação da terra. Para ele, enquanto o primeiro tinha efeitos absolutos, o segundo era comum em todas as partes. Ainda, descobriu a presença dos efeitos provocados pela rotação da terra, mas não com tanta rapidez ao ponto de atirar objetos para fora de sua superfície. No entanto, observou que um objeto que cai de certa altura é perturbado pela rotação e não cai seguindo uma linha vertical.

Essa incógnita foi possível ser verificada no modelo heliocêntrico proposto por Copérnico, um modelo que sofreu resistência na época. Segundo Martins (1994):

Quando Copérnico propôs seu sistema heliocêntrico, no século XVI, a idéia de que a Terra se movia era inaceitável, sob o ponto de vista físico. Naquela época, o sistema de Copérnico podia ser aceito sob o ponto de vista puramente astronômico, mas estava em conflito com a física terrestre. De acordo com os conhecimentos mecânicos da época, se a Terra se movesse, deveriam surgir fenômenos observáveis na própria Terra, por causa desse movimento. O movimento da Terra deveria afetar o movimento de queda dos corpos, o dos projéteis, dos pássaros, das nuvens, etc. A rotação da Terra deveria produzir a expulsão de todos os corpos de sua superfície. A teoria heliocêntrica exigia uma nova física, para explicar o motivo pelo qual esses fenômenos não eram observados. (MARTINS, 1994, p. 196).

Para Ptolomeu (110-170 d.C) a terra poderia ser considerada em repouso ou em movimento baseado nas observações das estrelas, mas perto da sua superfície os fenômenos observados eram incompatíveis. René Descartes (1596-1649) concordava com o modelo Copérnico com algumas diferenças. Para ele, os movimentos eram relativos, considerando-se que cada corpo tem um enorme número, quantidade de movimentos diferentes se considerar cada objeto da terra. (MARTINS, 1986).

As observações dos efeitos constatados na terra foram essenciais à determinação de sua velocidade, os quais fizeram Newton acreditar na existência de um espaço absoluto. Por outro lado, os efeitos de translação não provocavam nenhum efeito. Antes de a terra ser considerada como um ente em movimento pelos pitagóricos, acreditava-se que ela permanecia parada. Aristarco de Samos propôs um modelo heliocêntrico em que o sol estava parado no centro do universo e a terra se movia em torno dele.

4.4 O Éter Luminífero

Como vimos anteriormente, Einstein era um dos grandes críticos da presença do éter como construção de teorias científicas sobre a natureza da luz. Até que em 1920, ele defendeu abertamente em uma conferência a sua importância para ciência em geral e, especificamente à teoria da relatividade geral. Aristóteles (384 a 322 a.C.) acreditava que o éter constituía a quinta essência, além da água, terra, fogo e ar para explicar o movimento dos corpos celestes. (MARTINS, 1994). De acordo com Forato e Pietrocola (2005),

“O éter era um ente inobservável que em vários períodos históricos foi útil na construção de teorias e modelos que compunham as explicações científicas. Ele

permitia compreender alguns fenômenos que não eram possíveis de compreender apenas com a explicação baseada em entes observáveis.” (FORATO e PIETROCOLA, 2005, p. 7).

A presença do éter, também, fez parte do estudo dos fenômenos eletromagnéticos, tendo como referência James Clerk Maxwell (1831-1879), Faraday (1791-1867) e Thomson (1824-1907). Ele contribuiu para a unificação dos fenômenos eletromagnéticos e ópticos, apesar de serem alterados pelo movimento da terra no caso da interferência.

As questões levantadas sobre como havia interações entre as forças presentes nas teorias físicas fizeram surgir dúvidas sobre como os objetos podem agir sobre outros sem encostar neles. Nesse quesito, Maxwell teve fortes influências dos trabalhos de Faraday em suas ideias para eletromagnetismo, mas levava em consideração a presença do éter.

No entanto, em vez de se concentrar principalmente nas linhas de força, como Faraday, foi gradualmente voltando-se para a ideia de uma substância que preenchia todo o espaço e que transmitia os efeitos eletromagnéticos. Nessa época, praticamente todos os físicos aceitavam que a luz era uma onda que se propagava no éter. Maxwell adotou a ideia do éter e, quando mostrou que a luz era também um fenômeno eletromagnético, tornou-se natural pensar que esse mesmo éter era tanto o intermediário das forças eletromagnéticas quanto o meio que transmitia as vibrações luminosas. (MARTINS, 2005c, p. 13).

Suas ideias sobre a importância do éter foram mais além, ao serem incorporadas modelos puramente qualitativos e descritas com análises mecânicas.

Maxwell incorporou ao seu éter muitas ideias que Faraday havia desenvolvido para as linhas de força. O éter não seria uma matéria no sentido usual da palavra, mas teria propriedades mecânicas, podendo transmitir forças à matéria através de suas tensões, pressões e rotações. Essa não era uma hipótese puramente qualitativa: Maxwell se preocupou em associar propriedades quantitativas ao éter. Foi pelo cálculo das pressões e tensões dos campos elétrico e magnético no éter que Maxwell calculou, pela primeira vez, a pressão produzida pelas ondas eletromagnéticas (incluindo a luz) sobre uma superfície material. (MARTINS, 2005c, p. 13).

A teoria eletromagnética de Maxwell teve grande aceitação em 1888, depois dos experimentos realizados por Hertz, o qual comprovou a validade de suas teorias. Na época em que Einstein decidiu utilizar o eletromagnetismo de Maxwell, existiam outras possíveis teorias. Caso ele optasse por outra, tais como de Helmholtz ou Weber, jamais teria desenvolvido a teoria da relatividade (MARTINS, 2005c).

Para o modelo eletromagnético proposto por Thomson, havia algumas propriedades na presença do éter sobre os processos da mecânica que carregavam algo novo em relação às propostas por Maxwell. Assim, podemos dizer que:

Após o trabalho de J.J. Thomson, o éter tinha uma nova propriedade mecânica: além de exercer forças, produzir pressões, ter energia potencial e cinética e um momento magnético, existia também a massa eletromagnética. Note-se que essa massa eletromagnética não é a massa do próprio éter. É a massa associada a uma mudança no éter – pois o campo magnético produzido por uma carga em movimento seria justamente essa mudança. (MARTINS, 2005c, p. 16).

Martins (2005c) ressalva que a ideia de Thomson trazia uma nova imagem do éter para as propriedades do eletromagnetismo, ou seja, ele tinha a propriedade de provocar ações de forças sobre partículas carregadas. Com isso, tais partículas poderiam sofrer mudanças no seu momento, devido à ação do éter, o qual também teria que possuir momento, caso contrário violaria a conservação do momento, especificamente a terceira lei de Newton.

Para Maxwell o éter é quem produzia forças sobre as cargas elétricas. E também era necessário ter em mente que o éter tinha massa e se movia, ou algo que estivesse associado a essas duas propriedades. George Gabriel Stokes (1819-1903), também desenvolveu ideias com relação à presença de um éter luminífero associado aos fenômenos da luz.

4.5 Pesquisas Realizadas sobre o Éter

4.5.1 A contribuição de Fresnel para a teoria ondulatória da luz

Um dos grandes impasses registrados no desenvolvimento da física estava relacionado à natureza da luz, a qual muitos consideravam como sendo de aspecto corpuscular, enquanto outros assumiam o seu caráter ondulatório. Podemos ver que existem muitas confusões hoje nos próprios livros didáticos quanto à interpretação dessa ideia. “Embora, até o fim do século XVIII, quase todos os físicos aceitassem a teoria corpuscular, começaram a surgir no início do século XIX importantes evidências favoráveis à hipótese ondulatória” (MARTINS, 2015).

A proposta do fenômeno ondulatório referente à luz pode ser atribuída a Thomas Young (1773-1829) e a Augustin Jean Fresnel (1788-1827). Fresnel considerava a existência de um éter em repouso, em que a luz se propagaria sobre ele (MARTINS, 2015).

Fresnel supôs que o éter preenche todos os espaços aparentemente vazios do universo, e que, nessas regiões, ele está em repouso. O éter não seria movido pelos corpos que se deslocam através deles, como a terra, e nas regiões sem matéria, a luz se propagaria sob a forma de ondas nesse éter parado. (FORATO e PIETROCOLA, 2005, p. 7).

Em um artigo, Fresnel ressalva a influência do movimento da terra em alguns fenômenos da óptica. O que ele tentava fazer, segundo Poincaré, era prever a existência de fenômenos óticos e não provar a veracidade do éter. Fresnel acreditava que a velocidade da luz em sua forma ondulatória possuía valor constante em relação ao éter. Para ele, a diminuição da velocidade da luz, em meios transparentes, estava associada ao éter luminífero, o qual poderia ser detectado em efeitos de primeira ordem através de experimentos sobre reflexão, refração e aberração da luz (MARTINS, 2015).

Fresnel acreditava que o éter passava por dentro dos objetos ou o oposto. A existência de um meio luminífero foi importante para o desenvolvimento de sua teoria ondulatória da luz. E com isso, a ideia corpuscular foi gradativamente abandonada, ao passo que a ondulatória começava a ganhar prestígio.

Fresnel admitia que esse meio estava em repouso, em todo o universo – ou seja, o movimento da terra não afetaria o éter, e este não seria movimentado ou arrastado pela Terra. O éter seria capaz de atravessar todos os objetos, por mais espessos que fossem. Com uma hipótese desse tipo era fácil explicar, por exemplo, a aberração da luz das estrelas. (MARTINS, 2015, p. 48).

Ele verificou que havia um equilíbrio em relação à pressão do éter dentro e fora dos materiais transparentes, quando, nesses meios, há uma maior densidade de éter de tal forma que a sua velocidade diminui. Ainda verificou que, nos referidos materiais, o éter em excesso anda junto com eles e fica preso a esses.

4.5.2 O éter segundo Stokes

Diante da complexidade em que foi elaborada a teoria de Fresnel, embora tenha sido bem-sucedida, após explicar alguns fenômenos experimentais, foi que surgiu a teoria de George Gabriel Stokes. Em 1845, ele trouxe uma visão renovada com relação ao éter luminífero em uma composição mais simples.

Stokes propôs que o éter seria semelhante a um líquido viscoso, que aderiria à superfície dos corpos, sendo quase totalmente arrastado pela terra quando ela se move pelo espaço, ficando em repouso em relação a ela na região próxima ao solo. (MARTINS, 2015, p. 53).

Podemos analisar sua concepção em relação ao éter luminífero em comparação com um líquido viscoso, no trecho que segue:

“Segundo ele [Stokes], o éter contido nas vizinhanças da terra seria completamente fixo em relação a sua superfície, enquanto que o éter distante da mesma continuaria imóvel no espaço. Haveria, no entanto, uma região de transição entre esta porção de éter fixo e o éter interespacial.” (PIETROCOLA, 1993, p. 6).

Stokes mostrou uma nova maneira de descrever a presença do éter, além de deixar clara a forte influência da teoria de Fresnel para a avaliação dos fenômenos observados na época. Mais tarde Stokes generalizou sua teoria ao afirmar que mesmo que haja movimento da terra sobre o éter e ainda que a luz seja transferida por ele, os movimentos realizados no percurso jamais poderiam ser medidos, devido aos fenômenos da óptica geométrica.

4.6 O éter e os experimentos realizados para determinar a velocidade da terra

4.6.1 Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896)

Foram vários os experimentos realizados na tentativa de determinar a velocidade da terra através do éter. Em 1854, Fizeau trouxe uma ideia experimental com o intuito de detectar o movimento deste planeta ao variar a intensidade luminosa. No entanto, devido ao experimento não envolver fenômenos de refração, foi impossível utilizar a teoria de Fresnel do arrastamento do éter.

Mesmo que possua aspectos estranhos e seja, aparentemente, uma teoria inútil, a teoria de Fresnel não trouxe elementos necessários para calcular o movimento da terra em relação ao éter luminífero. Por outro lado, foi capaz de mostrar o caráter ondulatório da luz quando se acreditava que sua natureza possuía apenas aspectos corpusculares, bem como trouxe uma reflexão mais profunda sobre a natureza do éter.

As primeiras medidas terrestres feitas sobre a velocidade da luz em 1850 foram formuladas de forma diferentes por Jean – Bernard -Leon Foucault (1819 – 1869) e Armand – Hippolyte – Louis Fizeau (1819–1896), mas no final trouxeram resultados semelhantes. Fizeau conseguiu no mesmo ano comprovar a teoria ondulatória da luz e mostrar que ela não possuía valores iguais em meios diferentes.

No ano de 1851, na tentativa de testar a particularidade da teoria de Fresnel em relação ao éter, Fizeau fez a luz atravessar tubos com água em movimento, de tal forma a medir a velocidade da luz tanto na ida quanto na volta e verificar se havia arrastamento parcial da luz como proposto por Fresnel. Fizeau construiu uma aparelhagem que não se

fazia necessário analisar a velocidade nos dois sentidos do movimento, mas em consideração ao fenômeno de interferência (MARTINS, 2015). Em outras palavras:

O experimento de Fizeau proporcionou uma impressionante confirmação quantitativa da teoria de arrastamento do éter, de Fresnel. Como a teoria do éter de Stokes não previa o fenômeno observado, ela foi deixada de lado por quase todos os físicos, a partir desse momento. Parecia, por tanto, que tudo estava claro, em meados do século XIX: a luz era realmente uma onda do éter, e o éter se comportava, nos corpos transparentes, exatamente como Fresnel havia previsto. (MARTINS, 2015, p. 56).

Em 1954, Fizeau desenvolveu outro experimento, no qual trouxe uma abordagem relacionada à polarização da luz. Esse mostrava que, quando havia incidência de um feixe luminoso de forma oblíqua em uma lâmina de vidro, havia uma pequena rotação do plano de polarização do feixe. O índice de refração e fatores geométricos eram os responsáveis por definir o ângulo de rotação. E a rotação do plano de polarização da luz deveria depender do movimento da terra em relação ao éter (MARTINS, 2015).

Fizeau foi respeitado pelos trabalhos que desenvolveu, mesmo ao ser criticado mais tarde pelo astrônomo Hervé – Charles – Antoine Faye (1814–1902), o qual alegava que ele havia levado em consideração, em seus experimentos, apenas o movimento de rotação da terra e deixado de lado o do sistema solar como um todo.

Por outro lado, Louis Urbain Dortet de Tesson (1804–1879) advogou a seu favor e enfatizou que Fizeau fez suas análises em relação à luz solar e, por isso, o movimento a ser detectado era somente o da terra e do sol, não de todo o sistema solar. Com isso, não teria havido equívoco no experimento realizado por Fizeau.

4.6.2 Jacques Babinet (1794 -1872)

Em 1962 outro autor que trouxe contribuições sobre a presença do éter luminífero como ente responsável pelo movimento da terra e utilizou o fenômeno de difração foi Babinet. Ele acreditava que, quando se observava fenômenos de difração, aberração e refração da luz não havia mudança no movimento da terra por conta do efeito de compensação. Mas, tais efeitos não aconteciam no caso da deflexão da luz por rede de difração, o qual possuía independência e fenômenos diferentes.

A pesquisa de Babinet possuiu apenas aspectos teóricos sobre o experimento. Mais tarde o sueco Anders Jonas Ångström (1814-1874), também, detectou outros fenômenos que trouxessem evidências do movimento da terra em uma análise semelhante a de Babinet, mesmo sem ter acesso ao seu artigo. De acordo com Pietrocola

(1993, p.9), “(...) O interesse de Babinet pelos estudos do éter, assim como o de vários outros homens de ciência de sua época, visavam a Astronomia”.

O experimento de Ångström trazia um desvio de difração superior ao encontrado por Babinet em um ângulo de 63° (graus), bem como a existência de um desvio desse ângulo de $20''$ (segundos) de arco devido ao movimento de rotação da terra.

4.6.3 James Clerck Maxwell (1831–1879)

Maxwell, também, trouxe contribuições a respeito do éter luminífero e chegou até a publicar um artigo no qual discutia trabalhos realizados por meio de experimentações na busca de detectar o movimento da terra através do éter. Em sua análise, trouxe a seguinte conclusão:

Se fosse possível determinar a velocidade da luz observando o tempo que ela gasta para ir de uma estação até a outra sobre a superfície da terra, poderíamos, comparando as velocidades observadas em direções opostas a velocidade do éter com relação a essas duas estações terrestres. (MARTINS, 2015, p. 68).

Devido à luz ter uma velocidade muito alta, a conclusão de Maxwell esbarrava na dificuldade de conseguir um método de medir o intervalo de seu tempo de ida e volta sobre a superfície terrestre. A análise feita por ele diferia das usadas por Foucault e Fizeau no século XX, os quais usaram um espelho que refletia um feixe luminoso posicionado à certa distância de uma fonte luminosa e que procurava medir o tempo de ida e volta do trajeto feito pela luz e não o tempo para ir de um ponto a outro mais distante.

Maxwell apresentou elementos astronômicos no intuito de determinar a velocidade da terra em relação ao éter:

O único método praticável de determinar diretamente a velocidade relativa do éter e do sistema solar é comparar os valores da velocidade da luz deduzidos da observação dos eclipses dos satélites de Júpiter, quando Júpiter é visto da terra em pontos aproximadamente opostos da eclíptica. (MARTINS, 2015, p.70)

Na citação feita acima observa-se que ele não estava tendencioso em medir a velocidade orbital da terra, mas do sistema solar como um todo. Maxwell buscou respostas sobre o éter luminífero, porque a teoria eletromagnética de sua autoria aceitava a existência desse ente como intermediário em todas as forças elétricas e magnéticas.

4.6.4 As tentativas experimentais de Michelson e Morley

Michelson (1852-1931) foi um autor americano que também discutiu a possibilidade de determinar a velocidade da terra através do éter. Trouxe resultados consideráveis da velocidade da luz ($c = 299.853 \text{ km/}$), se levarmos em consideração o valor aceito atualmente ($c = 299.793 \text{ km/s}$). Com o feito, ganhou o prêmio Nobel da Física em 1907.

Os trabalhos publicados por este cientista não foram bem vistos pela comunidade científica da época, pois acreditava que a Física estava pronta e restava apenas determinar a velocidade da luz como último feito. Até então, a ideia aceita sobre o fenômeno da luz era que essa possuía caráter ondulatório, a qual levava a crer que sua propagação se dava por meio do éter.

Após ele estudar as ideias de Maxwell sobre o fenômeno, notou a complexidade de mensurar o tempo de ida e volta da luz e afirmou só ser possível obter a sua medida por meio de um interferômetro. Mesmo assim, resolveu se debruçar sobre o problema ao viajar até a Europa em busca dos melhores especialistas em interferometria da época.

Com isso, viajou em 1880 para Paris – França e permaneceu no Collège de France e na escola politécnica por algum tempo. Em seguida, mudou-se para a cidade de Berlim e permaneceu alguns meses no laboratório de Hermann Ludwig Ferdinand Von Helmholtz (1821- 1894). Estudou muito tempo sobre o assunto e mandou construir o primeiro interferômetro na Alemanha, em 1881, com o intuito de determinar a velocidade da terra em relação ao éter. O equipamento permitia comparar o tempo de ida e volta da luz em direções perpendiculares.

Ainda no ano de 1881, ele citou em um artigo publicado, a teoria do éter de Stokes o que deu a entender que havia conseguido diferenciar a hipótese do éter estacionário do viscoso. Diferente do que se afirma, Michelson não afirmou que o éter não existia, mas que se comportava de acordo com a teoria de Stokes. No final, ele ficou muito frustrado pelo fato de sua experiência ter falhado após dois anos de trabalho e não permitiu chegar a um resultado positivo sua pesquisa.

Com isso, Michelson passou algum tempo afastado dos experimentos que estabelecia a velocidade da terra em relação ao éter. Mas, em 1884, foi instigado por outros autores da época a voltar a pesquisar sobre o problema (THOMSON, KELVIN, 1824-1907 e STRUTT, RAYLEIGH 1842-1919).

No ano de 1886, eles conseguiram resultados experimentais que comprovaram a teoria de Fresnel ao reproduzir o experimento construído por Fizeau. Os valores

encontrados, ao invés de trazerem conforto aos pesquisadores vieram como mais um quebra cabeça a ser solucionado, devido ao fato de o experimento de 1881 haver sido contrário ao experimento de Fresnel e a favor do de Stokes. O que se via agora eram resultados que contrariavam a teoria de Stokes e consolidavam as ideias de Fresnel, o que tornava necessário fazer uma repetição do experimento de uma forma mais rigorosa, com equipamentos mais precisos e minuciosos.

Em 1887, com a ajuda de Edward Williams Morley foi possível a elaboração de um experimento que pudesse determinar a velocidade da terra em relação ao éter, com o uso de um interferômetro com precisão dez vezes maior. O experimento elaborado por eles é visto como o ponto crucial para a TRE. Ainda, pode-se dizer que representa um dos primeiros experimentos a verificar a inexistência do éter.

Com a ajuda de um equipamento mais preciso em 1887, Michelson conseguiu resultados que confirmavam a teoria de Fresnel quando se considerava o éter por corpos transparentes, bem como refutava a existência do éter estacionário. Ele também tentou mostrar a veracidade da teoria de Stokes, a qual afirmava que o éter era arrastado por distâncias pequenas da superfície terrestre, sendo menor a grandes distâncias.

O experimento elaborado por ele para testar os resultados obtidos por Stokes não é citado por pesquisadores da ciência. Na ocasião Michelson observou efeitos irregulares e muito pequenos e que, no tubo superior e inferior, a velocidade da luz possuía uma diferença máxima de um bilionésimo da velocidade da luz. Ainda, constatou valores com base na teoria de Stokes sobre arrastamento do éter a longas distâncias, mas quando não há arrastamento os corpos se contraem.

A relatividade para fenômenos Ópticos e eletromagnéticos começaram a ganhar fundamentos a partir do século XIX com as contribuições de Michelson e Morley (1887), Morley e Miller (1904 e 1905), e por Miller (1921). Em 1904, Michelson e Morley construíram um interferômetro em uma base de madeira e outra de metal, com o intuito de verificar se havia uma mudança na contração de Lorentz e Fitzgerald de acordo com o material utilizado. Os efeitos foram muito pequenos e com precisão cem vezes menor que prevista pela teoria de Fresnel.

O que se via no ano de 1900 eram várias pesquisas sobre o éter luminífero que geraram resultados confusos no decorrer do tempo, as quais tinham à frente as importantes teorias de Fresnel e Stokes. A alternativa mais viável naquele momento estava fundamentada nas ideias de Fresnel, as quais admitiam semelhanças com o experimento de Michelson e Morley quanto à contração dos objetos.

4.6.5 As contribuições de Lorentz na Teoria da Relatividade Especial com base no éter

Segundo Martins (2015) a contração dos objetos em relação ao éter foram fatores preponderantes para que Lorentz e Fitzgerald pudessem explicar o experimento de Michelson e Morley. O feito foi posteriormente considerado como uma consequência das transformações de Lorentz, mesmo não sendo possível atribuir para as coordenadas na época.

Na busca por detectar a presença do éter Joseph Larmor (1857-1942) fez pesquisas e chegou a publicar um importante trabalho sobre a sua teoria. Buscou provar, a partir das equações de Maxwell para o eletromagnetismo, a nulidade de princípios da óptica. Ele acreditava que devido a luz ser um fenômeno eletromagnético, determinar a velocidade da terra em relação ao éter era impossível devido preceitos ópticos. A tentativa da medida tendo em vista a óptica significaria que fenômenos eletromagnéticos eram válidos tanto para um referencial em movimento, bem como parado.

Em 1895, com base nas equações de Maxwell foi que Lorentz apresentou a teoria eletromagnética para sistemas em movimento com feitos de primeira ordem v/c . Vale ressaltar que, além de acreditar na existência do éter, Maxwell o assumia como ponto central nos princípios de sua teoria, alegando ser o éter responsável pela modificação entre campos elétricos e magnéticos.

Martins (2015) salienta que Maxwell não chegou a escrever as equações que levam o seu nome e que somente foi escrita por Oliver Heaviside (1850-1925) logo depois da sua morte. Porém, eles assumiram que as equações⁹ só eram válidas para um referencial em repouso em relação ao éter.

Equação 1

$$\begin{aligned}\vec{\nabla} \cdot \vec{E} &= \rho / \epsilon_0 \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0 \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \vec{\nabla} \times \vec{B} &= (\partial \vec{E} / \partial t + \vec{J} / \epsilon_0) / c^2\end{aligned}$$

Foi Lorentz quem assumiu que as equações deveriam ser válidas em relação a outros referenciais, bem como as condições em que elas fossem válidas. Implementou a

⁹ As equações referentes a este capítulo foram retiradas do livro Martins (2015, p. 95-128).

equação para a força que age em uma carga q movimentando-se em um campo magnético.

Equação 2

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Lorentz foi um dos principais contribuintes para o nascimento da TRE. Em 1904, ele publicou um trabalho que englobava a teoria eletromagnética de forma exata para corpos em movimento. No seu trabalho, explicou em duas etapas como eram possíveis as mudanças de coordenadas no espaço e no tempo. Com base na física clássica, especificamente as transformações de Galileo, ele mudou do sistema S para o S' em movimento:

Equação 3

$$x' = (x - vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

Em seguida, faz umas transformações do sistema de coordenadas e o tempo de referência em movimento da seguinte forma:

Equação 4

$$x'' = x' / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$y'' = y'$$

$$z'' = z'$$

$$t'' = t'$$

$$t'' = t' \sqrt{1 - v^2/c^2} - (x'v/c^2) / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

Se manipularmos os dois conjuntos de equações, obtemos a transformação de Lorentz:

Equação 5

$$x'' = (x-vt) / \sqrt{1-v^2/c^2}$$

$$y'' = y$$

$$z'' = z$$

$$t'' = (t-vx/c^2) / \sqrt{1-v^2/c^2}$$

Ele também obteve a transformação para campos eletromagnéticos:

Equação 6

$$E'_x = E_x$$

$$E'_y = (E_y - v.B_z) / \sqrt{1-v^2/c^2}$$

$$E'_z = (E_z + v.B_y) / \sqrt{1-v^2/c^2}$$

$$B'_x = B_x$$

$$B'_y = (B_y + E_z.v/c^2) / \sqrt{1-v^2/c^2}$$

$$B'_z = (B_z + E_y.v/c^2) / \sqrt{1-v^2/c^2}$$

Com isso, Lorentz provou que todos os efeitos se cancelam e era impossível medir o movimento da terra em relação ao éter por fenômenos ópticos e eletromagnéticos. Mostrou, também, que há uma contração no comprimento dos objetos quando os mesmos se deslocam em relação ao éter.

4.7 Einstein e Poincaré: A sincronização de relógios

Um conceito importante na Teoria da Relatividade Especial - TRE está relacionado à relatividade dos intervalos de tempo, ou simultaneidade. Podemos entender tal ideia como sendo dois eventos que ocorrem ao mesmo tempo em um referencial. Por outro lado, dois acontecimentos que são simultâneos para um referencial podem não ser em outro.

É necessário estabelecer que, para Einstein, a luz tem velocidade invariante em relação a um dado referencial. Mas ainda não é qualquer sistema de referência que atende à invariância da luz na TRE, mas somente aqueles em que se movem em velocidade constante em relação aos outros, ou seja, às classes dos referenciais

inerciais. Einstein imaginou uma rede de relógio sincronizados através de sinais luminosos e verificou como esses eram descritos em sistemas de referências distintas.

Vale ressaltar que Poincaré havia estudado antes de 1905 sobre a sincronização de relógios por sinais de luz e a simultaneidade, quando participava dos trabalhos do serviço de longitude na França. Em um dos seus artigos publicados, ele menciona a dificuldade que se tem em verificar a simultaneidade entre pontos distantes.

Em outro trabalho publicado, Poincaré, também, interpretou fisicamente o tempo local de Lorentz. Mostrou que a maneira mais eficaz de sincronizar relógios era através de pulsos luminosos. Mas, quando um sinal luminoso ficava viciado na sincronização de relógios, a medida da velocidade da luz não fornecia sua medida real. Isso justificava porque o resultado dava sempre o mesmo em direção e sentido, quando a velocidade da luz era medida levando-se em consideração um referencial em movimento em relação ao éter.

Podemos concluir que o tema central da TRE está fundamentado na transformação das grandezas físicas entre dois referenciais inerciais em movimento relativo, em que todas as leis físicas são as mesmas em qualquer um deles. Einstein foi primeiro a discutir sobre esse fenômeno. Mas, deve-se entender que a TRR começou a ser discutida a partir do eletromagnetismo de Maxwell e, por outros autores posteriores a ele, antes de aparecer as ideias de Einstein.

Na próxima seção, iremos apresentar pesquisas realizadas a partir de critérios elaborados pelos seus respectivos autores para serem considerados obras de Divulgação Científica, de tal forma a contribuir na análise e discussão dos resultados.

4.8 Pesquisas realizadas com critérios para materiais de Divulgação Científica

Os materiais de divulgação científica/Popularização da ciência podem se tornar um forte aliado quando entendemos que os avanços científicos e tecnológicos devem ser compartilhados a todos os públicos. São várias as formas de disseminar o conhecimento da ciência e tecnologia, tais como, vídeos, textos, documentários, museus, dentre outros.

Então, iremos dá ênfase em trabalhos que tratam sobre o uso de materiais de Divulgação Científica-Popularização da Ciência que tiveram como finalidade levar o conhecimento da ciência e tecnologia para o público não especializado. Irei apresentar alguns critérios utilizados por diversos autores para classificarem suas obras como sendo

de Divulgação Científica – Popularização da Ciência, além disso será feita uma síntese de ideias necessárias para a análise dos resultados dessa dissertação.

Iniciamos nosso estudo com o trabalho (AIRES et al., 2003) que trazem a Divulgação Científica para analisar quatro artigos publicados na revista ciência hoje nas áreas de Biologia, Física, Química e Matemática voltados para crianças de 7 a 14 anos. Serão abordados aqui apenas os artigos de Física e Biologia. Constatamos que os autores levam em consideração pontos descritos por Vieira (1998), a fim de verificar se os textos são adequados para serem inseridos em sala de aula. Dentre eles destacamos os seguintes:

- 1- Linguagem – considera a clareza do texto, a adequação ao público alvo e se a mesma é compatível ao conteúdo do texto. Também a sua acessibilidade, a utilização de jargões ou de termos científicos não óbvios para o leigo, e qual seria o nível explicativo necessário para um entendimento.
- 2- Precisão científica – procura avaliar a existência ou não de erros conceituais.
- 3- Metáforas e analogias – se o seu uso facilita ou dificulta a compreensão do texto pelo leitor.
- 4- Abordagem sociológica, histórica e epistemológica: diz respeito à presença de efeitos sociais apontados ou gerados, conotações racistas, imagem de ciência, de conceito de experimento e de conceito de método veiculados no texto.

O artigo “200 anos de pilhas” publicado em 1999 pela autora (ESTRADA, 1999) foi analisado pelos supracitados autores de acordo com os itens citados acima. Eles ponderam que o artigo leva em consideração uma abordagem histórica para explicar o funcionamento da pilha.

O autor expõe inicialmente uma situação real de queda de energia elétrica, onde há necessidade do uso do rádio com pilhas. Em seguida, é descrito o processo de construção, usado por Alessandro Volta, da primeira pilha, há 200 anos, enaltecendo que a mesma funcionava por uma transformação química. (AIRES et al., 2003, p. 6).

Afirmam que o artigo de Divulgação Científica sobre Física possui uma boa linguagem. “Apresenta uma introdução atrativa, já que trata de uma situação real do

cotidiano (a queda de energia elétrica), é de fácil compreensão e motiva o leitor a continuar a leitura”. (AIRES et al., 2003, p. 7).

Consideram que há erros nos conceitos sobre “força eletromotriz” (f.e.m) e corrente elétrica, quando relacionados a precisão científica.

No entanto, há incorreção em chamar de força o que a pilha produz e não esclarecer, de forma científica, que esta “força” significa armazenamento de energia, descaracterizando, inclusive, a definição de força como ente vetorial. Outro fato bastante grave é a apresentação do termo corrente elétrica como se já fosse de domínio dos leitores. (AIRES et al., 2003, p. 7).

Para eles, o fato do artigo usar poucas metáforas e analogias faz com que torne-o inconveniente à faixa etária o qual se destina. E dentre os dois quadros complementares apresentados pelos autores, podemos destacar:

O primeiro expõe uma das várias interpretações da palavra pilha, enaltecendo a interpretação “popular” da expressão “estou uma pilha”, mas a analogia implícita com uma explosão destacada pela cor amarela, pode, erroneamente, desviar a atenção do leitor como uma relação mais importante que o próprio texto (AIRES et al., 2003, p. 7).

De acordo com o ponto de vista dos autores o artigo pode ser considerado material de Divulgação Científica, desde que o professor tenha o cuidado de discutir com seus alunos as limitações que o texto apresenta em relação ao rigor científico. Pois torna-se necessário alguns cuidados, tendo em vista que sua leitura é o primeiro contato de alunos e leitores com os novos conceitos.

Gomes et al. (2010, p. 351) fez uma análise crítica sobre os conceitos de movimento e força na revista Superinteressante, apontando que algumas concepções imprecisas deve-se ao fato da revista ter os seus artigos escritos por jornalistas. “Observamos, também, vários erros conceituais; imprecisão na utilização de conceitos científicos, sobretudo, os de força e energia; definições de leis físicas de forma inadequadas; entre outros equívocos”.

Cantanhede et al. (2015) enfatiza a potencialidade que os textos de Divulgação Científica podem conceber em sala de aula, servindo como recurso didático no ensino. Os autores salientam que a sua implementação em sala de aula requer estratégias de seleção de textos adequados para serem trabalhados com os alunos.

Assim, Cantanhede et al. (2015, p. 14) estabelecem critérios a serem observados para a escolha de textos de Divulgação Científica por parte dos docentes. Com base nos

trabalhos de Kawamura (2005) os autores utilizaram como instrumento de análise o “conteúdo” e a “forma” dos referidos textos veiculados pelos meios de comunicação. “A dimensão conteúdo compreende a temática, características da atividade científica e abordagens e contexto. A dimensão forma compreende a estrutura do texto, a linguagem e os recursos visuais e textuais utilizados”.

Vamos colocar aqui as ideias dos autores quanto à forma dos textos de Divulgação Científica, tendo em vista ser os aspectos analisados pelos autores. Para Cantanhede et al. (2015, p. 16) os professores devem ficar atentos aos seguintes critérios:

- 1- Estrutura: forma de construção dos textos, relação entre aprofundamento e extensão dos conteúdos expostos, formas com as quais são dadas ênfases aos conteúdos, maneira como as informações estão encadeadas e distribuídas.
- 2- Linguagem: clareza dos textos, formas por meio das quais os autores fazem uso de termos e conceitos científicos, uso de metáforas, analogias, gêneros discursivos empregados etc.
- 3- Recursos Visuais e Textuais: distribuição espacial das informações, uso de ilustrações, fotografias, boxes, notas de margens etc.

Os autores analisaram textos de química da revista ciência hoje a partir de leituras exploratórias dos artigos que selecionaram. Em seguida fizeram a investigação do material classificando-os de acordo com o assunto de química abordado, bem como quanto suas características conceitual, cotidiana, tecnológica, histórica, ambiental e instrumental.

Cunha e Giordan (2009) utilizam-se da concepção de gênero e discurso de Bakhtin para explicar a mudança de linguagem que sai da academia científica e chega a esfera midiática. Para os autores, a ciência é uma prática social que não pode ser desvinculada dos sujeitos e ideologias que os constituem.

Quando nos referimos ao discurso de divulgação da Ciência, nos processos que tentam trazer ao grande público a informação sobre a Ciência e a Tecnologia, o apagamento do sujeito é relativizado, pois, neste caso, na maioria das vezes, o trabalho de divulgar é feito pelo divulgador/jornalista que vai falar pela voz do outro – o cientista, ou a voz da Ciência. Mas a tarefa de divulgar a Ciência ao grande público é um processo que envolve vários elementos, cada um deles com suas características próprias e especificidades. (CUNHA e GIORDAN, 2009, p. 2).

Para os Cunha e Giordan (2009, p. 4) gênero está atrelada as ações dos interlocutores e as interações dialógicas apresentadas por eles, que vão da comunicação do eu com o outro. “No caso da divulgação da Ciência o *eu* refere-se ao divulgador que

utiliza uma linguagem discursiva para se aproximar do outro – o público (não especialista), a partir das informações de um *outro* – o especialista (o cientista/ciência)”.

Os critérios elaborados por Cunha e Giordan (2009, p. 4) para situar a Divulgação Científica enquanto gênero do discurso científico, de tal forma a formar o Discurso da Divulgação Científica - DDC foram baseados nos apresentados por Bakhtin (1929, p. 115).

- 1- **Conteúdo Temático:** o conteúdo temático ou tema deve ser único, concreto e histórico, pois é a partir dele que podemos definir uma enunciação.
- 2- **Estilo:** para Bakhtin, estilo é a seleção entre os recursos lexicais, fraseológicos e gramaticais da língua. Neste ponto, as condições em que os textos de divulgação científica são produzidos podem se observar o emprego de metáforas, analogias, comparações, exemplificações etc. que se constituem em recursos lexicais que dão um estilo próprio ao DDC.
- 3- **Forma Composicional:** em relação à forma composicional, a maneira como o DDC é constituído e as relações dialógicas que acontecem entre o locutor e o receptor (interlocutor) põem em ação procedimentos discursivos variados, dentre eles: a recuperação de conhecimentos tácitos, gancho frio, conclusão no início do texto etc.

Cunha e Giordan (2009, p. 7) ressaltam que que a ciência que chega ao público não é mais aquelas advinda da academia científica, mas sim aquelas interpretada pela mídia. As mudanças de significados terão reflexos na construção de significados por parte de quem recebe as informações. Para eles, os jornalistas ao fazerem a Divulgação Científica deslocam a ciência para um outro campo diferente, a mídia. Assim, há a construção de um novo gênero do discurso. “No caso da divulgação científica quando um conhecimento sai da esfera científica para ser divulgado, isto é, passa para esfera midiática ele muda em sua composição e forma: muda seu gênero”.

Com base nas concepções apresentadas por alguns autores, podemos observar que dentre os critérios a serem analisados para que um texto se constitua como obra de Divulgação Científica estão o uso de analogias, metáforas, comparações, recurso ao cotidiano, linguagem clara e acessível. Como já retratado na metodologia, iremos nos apoiar nas concepções de Mora(2003) que também tem suas ideias voltadas para esses princípios, para analisar o documentário Cosmos de Carl Sagam enquanto obra de divulgação Científica.

No próximo capítulo iremos fazer a análise e discussão dos resultados com base nos pontos traçados na metodologia dessa dissertação, bem como observando as propostas de trabalhos analisados nessa perspectivas neste tópico.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO: OBSERVAÇÕES SOBRE A TEORIA DA RELATIVIDADE ESPECIAL NO EPISÓDIO 8 (OITO) DO DOCUMENTÁRIO COSMOS

Nesse capítulo, apresentamos o resultado da análise do material que foi selecionado com base nos procedimentos metodológicos e de acordo com os critérios elencados. O tópico anterior também nos fornecerá subsídios para análise do nosso material, uma vez que mostra a investigação de textos com base em critérios fundamentais para que tais obras sejam consideradas de divulgação científica. Assim, avaliamos a qualidade das informações apresentadas no episódio oito (8) do documentário Cosmos como texto de Divulgação Científica, bem como a sua abordagem histórica e conceitos ligados a ciência.

A História da Ciência - HC traz concepções de que não podemos observar fatos do passado com base em argumentos do presente, ou seja, o que muitos autores chamam de anacronismo. Pois deve-se levar em consideração que pesquisadores de uma época anterior não dispunha de equipamentos sofisticados aos que se tem nos dias atuais.

É possível observar alguns equívocos conceituais, históricos e filosóficos em livros e textos ao considerarem a presença de “gênios” revolucionários na formulação de teorias e formulações científicas. Aham que as teorias e desenvolvimentos da ciência caíram como um passe de mágica, de uma hora para outra, mas não devido a contribuição de vários autores que tiveram contribuições importantes para o feito. É o que afirma Martins (2006, p.22): A ciência não brota pronta na cabeça de grandes “gênios”.

O autor ressalta constantemente em suas obras que as teorias vão sendo aperfeiçoadas no decorrer do tempo por outros pesquisadores, os quais observaram erros e inconsistências não visualizadas pelo anterior, de tal forma a nos levar a deduzir que as teorias não são elaboradas instantaneamente.

Em vez de ajudar a corrigir a visão popular equivocada a respeito de como se dá o desenvolvimento científico, esses livros e artigos contribuem para reforçar e perpetuar mitos daninhos a respeito de “grandes gênios”, sobre as descobertas repentinas que ocorrem por acaso, e outros erros graves a respeito da natureza da ciência. (MARTINS, 2006, p.28).

Assim, fica visível que os conteúdos que são repassados para os alunos e toda a população podem trazer conceitos inadequados da ciência, e como vimos anteriormente são vários os autores que saem em defesa de uma educação científica de qualidade. A alternativa vistas por alguns pesquisadores está na implementação da História da Ciência

- HC em sala de aula, onde os alunos possam ter contato desde cedo ao desenvolvimento histórico de acontecimentos da ciência.

Um dos fatores mais comuns nos livros e textos utilizados em salas de aulas são materiais que usa de forma imprecisa a visão da ciência (PÉREZ, 2001), em especial os conceitos físicos. A incoerência ocorre devido diversos fatores, sendo alguns relacionados aos materiais didáticos, passando pelo currículo escolar, até chegar na má formação dos profissionais da educação.

O texto apresentado por Sagan (1992) apresenta equívocos quando consideramos a História da Ciência sobre o desenvolvimento da TRE, ao considerar a imagem de Einstein como sendo o grande “gênio” que desenvolveu toda a teoria. Isso não significa dizer que o autor tenha desconhecimento sobre a abordagem histórica dos acontecimentos, pois vimos anteriormente que a divulgação científica envolve negócios e a necessidade de atrair o público em massa com a sua produção em tempo recorde. Além disso, fatores políticos, econômicos e sociais podem contribuir para exaltar a imagem de uma pessoa perante a sociedade, de tal forma a ganhar fama e a ser visto com maior aceitação por ser tão exaltado. Podemos observar que em uma linguagem bastante segura ele afirma:

A relatividade especial, totalmente desenvolvida por Einstein em seus vinte e poucos anos, é sustentada por cada experiência feita para testá-la. Talvez amanhã alguém invente uma teoria consistente com tudo o mais que sabemos que envolvem paradoxos, de tal modo como a simultaneidade, evitando as construções de referência privilegiada, e ainda permita uma viagem mais rápida do que a luz. (SAGAN, 1992, p. 201).

Sagan (2006), em uma relação popperiana, cita como exemplo a teoria newtoniana para evidenciar que os cientistas buscam constantemente falhas até mesmo em teorias já consolidadas, por meio da crítica e do inconformismo. Nesse caso, ele cita a questão da relatividade de Einsten como generalização da mecânica de Newton, a qual falhou para altas velocidades comparadas à da luz e afirma que entre ambas as teorias há um certo domínio de validade. E mais uma vez, podemos observar no texto que Sagan (1992) credita a TRE como sendo um feito exclusivo de Einstein.

Em velocidades elevadas e gravidades fortes, a física de Newton se desmantela. Essa é uma das grandes descobertas da relatividade especial e geral de Albert Einstein, uma das razões para sua memória ser tão exaltada. A física newtoniana é válida numa ampla gama de condições, inclusive as da vida cotidiana. Mas em certas circunstâncias muito inusitadas para os seres humanos - afinal, não temos o hábito de viajar quase à velocidade da luz - ela simplesmente não dá a resposta correta; ela não se ajusta às observações da Natureza. (SAGAN, 2006, p. 38, *grifo nosso*).

Então surgem a seguinte pergunta: Sagan sabia da importância de se ter um conhecimento histórico adequado para o desenvolvimento da ciência?

Podemos observar no trecho a seguir que Sagan (2006) reitera a importância dos cientistas deixarem de lado o subjetivismo, o senso comum e suas paixões, em busca de uma construção da ciência o mais objetivo possível. Ele caracteriza essa suposição como um patriotismo fanático humano com algumas limitações intelectuais. Sagan atribui a importância da impessoalidade e subjetividade na construção do conhecimento científico, como também mostra uma certa preocupação com aqueles que não consideram os aspectos históricos na ciência. Então, de acordo com ele:

A objetividade é sacrificada em nome de objetivos mais elevados. Com base nesse fato lamentável, alguns chegaram ao ponto de concluir que não existe história, que não há possibilidade de reconstruir os acontecimentos reais; que tudo o que temos são autojustificativas tendenciosas; e que essa conclusão se estende da história para todo o conhecimento, inclusive para a ciência. (SAGAN, 2006, p. 220).

Com isso, não podemos afirmar com convicção que Sagan desconhecia a importância da história da ciência, o que é bastante contestado por Roberto de Andrade Martins. No prefácio do livro sobre a Origem histórica da Relatividade Especial, Martins (2015), tece críticas sobre a consideração de “gênios” na TRE. Em suas palavras ele afirma:

Os historiadores da física sabem, há muito tempo, que essa visão vulgar está totalmente equivocada. Einstein não é o “pai” dessa teoria (se fosse o pai, quem seria a mãe? Mileva Marić?). A maior parte da teoria da relatividade se desenvolveu antes que ele se envolvesse com o assunto, graças a importantes pesquisadores (como Lorentz e Poincaré); e mesmo depois de sua participação, vários importantes aspectos da teoria da relatividade foram desenvolvidas por outros cientistas (como Minkowski, Plack e Von Laue) e não por ele.

E para mostrar seu descontentamento sobre incoerências que ocorrem na HC, em especial ao endeusamento de Einstein como sendo o criador da TRE, ele continua com a citação de um exemplo em relação ao éter luminífero bastante discutido nos experimentos de Michelson e Morley:

Os problemas com a história corriqueira da teoria da relatividade não se limitam ao “endeusamento” de Einstein, pois abrangem outros equívocos essenciais – como a questão a respeito da aceitação do éter na física do século XIX e o papel do experimento de Michelson e Morley. A versão popular distorce totalmente a situação da época.

Por outro lado, notamos na fala de Sagan (1992) que as teorias estão sempre em (re)construção e que posteriormente podem ser aperfeiçoadas por outros autores, com novas descobertas. “Apenas gradualmente as idéias vão sendo aperfeiçoadas, através de debates e críticas, que muitas vezes transformam totalmente os conceitos iniciais”. (MARTINS, 2006, p. 22).

É possível verificar a evidencia na palavra de Sagan (1992), com o falsacionismo do filosofo Karl Popper, bem como a sua posição de que não é possível chegar a verdade absoluta de uma teoria científica, mas somente a aproximações dela. O que vai de encontro sobre o que propõe o estudo de episódios históricos para a construção da ciência. “O estudo de alguns episódios históricos também permite compreender que a ciência não é o resultado da aplicação de um método científico que permita chegar a verdade”. (MARTINS, 2006, p. 23).

Após analisarmos o deslize no texto do episódio 8 (oito) de Sagan (1992) nas questões conceituais, históricas e filosóficos ao creditar o nascimento da TRE na figura de Einstein sem atentar-se a HC, iremos observar a partir de agora que são inúmeras as concordâncias dele no livro Cosmos sobre a TER com os trabalhos do professor Roberto Martins. Tais concepções, nos leva a perceber a visão dos aspectos históricos, conceituais e filosóficos de Einstein carregada por Sagan na época em que disseminava suas obras de Divulgação Científica para o público não especializado em ciência.

Em sua obra, Sagan (1992), traz algumas características biográficas a respeito de Einstein quando era jovem e morava em Pavia - Itália:

Se estivéssemos passeando no agradável condado rural de Toscana por volta de 1890, talvez tivéssemos nos deparado, no caminho de Pavia, com um adolescente de cabelos meio compridos que não tinha completado o curso secundário. (SAGAN, 1992, p. 199).

Martins (2015) ressalva que Einstein foi deixado em München na casa de parentes para terminar os seus estudos, já que faltavam apenas três anos para terminar o colégio. Enquanto isso seus pais juntamente com sua irmã foram morar em Milão e posteriormente em Pavia-Itália. Seus irmãos perderam o contrato com a prefeitura no ano de 1883 e no ano seguinte a firma faliu. Assim, tiveram que se mudar também para Itália, onde montaram uma fábrica de produtos elétricos.

Além de não ter concluído o ensino secundário por motivos de brigas com professores, Einstein também teve que se mudar para Pavia – Itália. É o que observamos em Martins (2015): “Depois de poucos meses, no final de Dezembro de 1894, sem

consultar os pais, Albert resolveu abandonar a escola e ir para a Itália, sem concluir os estudos.”

Martins (2015) ainda evidencia que mesmo Einstein não tendo concluído o ensino secundário, não podendo assim ingressar na universidade, foi possível que ele fizesse um teste em Zurich de ingresso na Politécnica Federal da Suíça no ano de 1985. O resultado não foi satisfatório naquele momento, somente um ano depois, mas o mesmo obteve boas notas nas disciplinas de Matemática e Física na ocasião.

É possível perceber nas citações que as datas em que ambos descrevem as características do jovem Einstein, possuem uma certa relação, ou seja, o ano apontado por Sagan (1992) está próximo ao período evidenciado por Martins (2015). Então, é possível estabelecer uma certa semelhança entre os dois autores quanto aos aspectos temporais da infância de Einstein como sendo morador de Pavia-Itália.

Em outra passagem do texto, Sagan (1992), fala sobre a segunda estrela mais brilhante da constelação, a Beta Andrômeda, o qual leva cerca de 75 ano-luz atravessando a escuridão do espaço interestelar até chegar a terra. Assim, ele faz uma comparação com a figura de Einstein:

Quando a luz que vemos agora desta estrela iniciou sua longa viagem, o jovem Albert Einstein, trabalhando como um funcionário suíço registrado, tinha acabado de publicar sua teoria da relatividade aqui na Terra. (SAGAN, 1992, p. 198).

Não é possível saber em qual data Sagan (1992) fez a referida menção a respeito da figura de Einstein sobre o ocorrido. Mas podemos observar uma certa semelhança com as palavras de Martins (2005): “Na Suíça, onde Albert Einstein vivia enquanto desenvolvia seus primeiros trabalhos sobre relatividade, havia uma importante rede de relógios elétricos sincronizados.”

Albert Einstein era um jovem muito talentoso, principalmente nas áreas de física e matemática onde sempre obtivera boas notas. Sagan (1992) ressalva que os professores da escola em que estudava achavam que ele perturbava as disciplinas com suas perguntas, a tal ponto de pedirem para que o abandonasse o colégio. É o que podemos observar na seguinte passagem:

Seus professores, na Alemanha, tinha-lhe dito que nunca seria nada na vida, que suas perguntas perturbavam a disciplina, que seria melhor ele deixar a escola. Então o jovem começou a vagar, deliciando-se com a liberdade do Norte da Itália, onde podia meditar sobre as matérias muito diferentes dos assuntos a que era obrigado a digerir nas salas de aula prussianas onde imperava uma rígida disciplina. Seu nome era Albert Einstein, e suas meditações mudaram o mundo. (SAGAN, 1992, p.199).

Martins (2015) traz algumas evidências de que possivelmente as concepções apontadas por Sagan (1992), tenha ocorrido de fato com Albert Einstein. As discussões anteriores, também ressaltam que uma das razões por ele ter mudado de local sem terminar os estudos foram justamente por causa de fatores escolares. Observamos mais uma vez tais alegações:

Albert entrava em conflito com os professores e se sentia mal no colégio. Além disso, parece que estava preocupado com o serviço militar obrigatório, que poderia ser outra situação muito desagradável para ele, por causa da rigidez do sistema militar e da necessidade de obedecer cegamente às ordens recebidas. (MARTINS, 2015, p.170).

Além de ter bons desempenhos nas áreas de física e matemática, Einstein também começou a se interessar por questões científicas desde cedo. Sagan (1992) comenta sobre um livro muito conhecido na época de popularização da ciência, de autoria de Bernstein, que tratava sobre a incrível velocidade da eletricidade através dos fios e da luz no espaço, o qual possivelmente tenha sido o propulsor para que Einstein tenha se dedicado a carreira científica.

O relato feito por Sagan (1992) sobre o contato de Einstein com o livro de Bernstein é comprovado por Martins (2015). Note que os termos Divulgação Científica e Popularização da Ciência são usadas dentro do mesmo contexto para os diferentes autores, mas anteriormente já chamamos a atenção do leitor sobre os tais conceitos.

Aaron Bernstein (1812-1884) era um importante autor de livros de divulgação científica da época. Em um dos seus livros, o autor se imaginou viajando por uma linha telegráfica acompanhando um sinal elétrico. (MARTINS, 2015, p.169).

Martins (2015) traz a consideração de que a leitura do livro mencionado acima tenha levado Einstein logo em seguida a se imaginar voando na mesma velocidade que a luz, bem como outras inquietações que começaram a trazer traços sobre o princípio da Teoria da Relatividade Especial - TRE. Podemos observar tal fato na passagem a seguir:

[...] Um paradoxo ao qual eu já havia chegado à idade de dezesseis anos: se eu perseguir um feixe de luz com a velocidade c (a velocidade da luz no vácuo), eu deveria observar esse feixe de luz como um campo eletromagnético em repouso, embora oscilante espacialmente. Mas não parece existir uma coisa desse tipo, nem com base na experiência nem de acordo com as equações de Maxwell. Desde o início me pareceu intuitivamente claro que, julgando do ponto de vista de tal observador, tudo teria que acontecer de acordo com as mesmas leis como para um observador que estivesse em repouso em relação à terra. Pois como poderia o primeiro observador saber ou ser capaz de determinar que ele está em um estado de movimento uniforme rápido? Vê-se que nesse paradoxo já está contido o germe da teoria da relatividade especial. (MARTINS, 2015, p.171).

Em relação ao que Martins (2015) traz em relação a natureza da luz evidenciada por Einstein, Sagan (1992), também na mesma linha elenca algumas ideias dele sobre a velocidade da luz que o deixava inquieto, bem como trazia cada vez mais paradoxos que emergiam de todos os lados. Podemos verificar no trecho a seguir:

Perguntou-se como seria o mundo se pudéssemos viajar em uma onda de luz. Viajar com a velocidade da luz! Que pensamento atraente e mágico para um rapaz caminhando nos campos salpicados e enfeitados pela luz solar. Não podemos dizer se estamos em uma onda de luz se viajarmos nela. Se começarmos na crista da onda, permaneceremos nela e perderemos a noção de que é uma onda. Alguma coisa estranha acontece na velocidade da luz. Quanto mais Einstein pensava sobre o assunto, mais complicado ele se tornava. Os paradoxos pareciam emergir de todos os lados se pudéssemos viajar com a velocidade da luz. Certas idéias tinham sido aceitas como verdadeiras sem uma reflexão cuidadosa. Einstein formulou perguntas simples que poderiam ter sido respondidas séculos antes. (SAGAN, 1992, p. 99).

Sagan (1992) ainda trouxe algumas ponderações já discutidas a respeito da velocidade da luz, sem erros conceituais, deixando claro a importância de ter em mente que há padrões na natureza e que os mesmos devem ser respeitados, principalmente quando estamos falando em velocidades altas. De um outro modo:

Einstein codificou estas regras na teoria da relatividade especial. A luz (refletida ou emitida) de um objeto viaja com a mesma velocidade, independente se o objeto é estacionário ou está se movendo: Não se deve adicionar a sua velocidade à da luz. Também nenhum objeto material pode mover-se mais rapidamente do que a luz: Não se deve viajar na ou além da velocidade da luz. Nada na física evita você de viajar próximo da velocidade da luz se você assim o desejar: 99,9% desta velocidade será ótimo. Não importa quanto você lute, jamais terá o décimo que falta. Para o mundo ser logicamente consistente, deve haver um limite de velocidade cósmica. (SAGAN, 1992, p. 200).

Em um outro ponto, ele traz a ideia de que não há um referencial que seja privilegiado em relação aos outros, destacando a validade das leis em qualquer lugar do universo e respeitando o padrão estabelecido pelas leis da física. Então temos que:

O jovem Einstein rebelou-se contra a noção de composições privilegiadas de referência na física tanto quanto o fez em relação à política. Em um universo repleto de estrelas correndo desordenadamente em todas as direções, não havia nenhum local que estivesse "em repouso", nenhum referencial no qual a visão do universo fosse superior às outras. Este é o significado do termo relatividade. A idéia é muito simples, a despeito dos seus adornos mágicos: na visão do universo, cada local é tão bom quanto qualquer outro. As leis da Natureza são idênticas, não importa quem as esteja escrevendo. Se isto é verdadeiro (seria surpreendente se houvesse alguma coisa especial a respeito da nossa localização insignificante no Cosmos), então ninguém consegue viajar mais rápido do que a luz. (SAGAN, 1992, p. 200).

Sagan (1992) traz no decorrer do seu texto alguns aspectos da TRE que foram discutidos em tópicos anteriores, tais como a simultaneidade de eventos em relação a um dado referencial, dilatação do tempo e a invariância da luz quando tratada do ponto de vista de vários referenciais inerciais. Mostrando o que Einstein afirmava na sua teoria sobre a constância da velocidade da luz independente do movimento da fonte e afirmando que não só as leis da mecânica, mas as leis da física são as mesmas para qualquer referencial inercial.

Sagan (1992) pondera que não há nada na natureza capaz de superar a velocidade da luz, pois existem certas regras e limites nela impedindo que isso aconteça. Ele ainda coloca que existem vários experimentos com aceleradores de partículas nucleares e relógios atômicos que vem comprovar ainda mais a TRE. E que independente se o objeto está parado ou se movendo, se a luz está sendo emitida ou refletida, a velocidade dela será a mesma, o que alude sobre a invariância da luz mencionado no referencial teórico como sendo uma das contribuições de Albert Einstein.

5.1 A Teoria da Relatividade Especial como Obra de Divulgação Científica

Vimos que para uma obra ser considerada de Divulgação Científica / Popularização da Ciência, era necessário considerar alguns aspectos, tais como, linguagem clara e acessível para um público não especializado, servindo como recurso para o cotidiano que não possui entendimentos científicos, além de base histórica e evitar inadequações que desvie do conhecimento da ciência, ou seja, manter sua originalidade.

Mora (2003) considera que as obras literárias de Divulgação Científica possuem em sua essência a poesia, a metáfora, o qual o *Cosmo* de Carl Sagan está presente. Para ela, o autor traz em sua obra uma boa dose de conhecimento do universo infinito e eterno. Além disso, conhecer o Cosmos faz parte da busca constante que o ser humano faz na intenção de conhecer a sua origem e pertencimento no mundo.

Mora (2003) ressalva que dentro dos bons e famosos textos clássicos da divulgação científica e de aspectos literários a serem imitados, a obra "*Cosmos*" de Carl Sagan tem demonstrado a sua qualidade ao longo do tempo. Ela constata o uso da metáfora empregada pelo autor ao descrever poeticamente o oceano em que estamos imersos. Posteriormente, cita mais uma obra dele (*A conexão Cósmica*), que usa imagens populares para explicar a evolução das formas de vida em nosso planeta. Em seus argumentos ela relata:

A conexão cósmica é uma mistura muito agradável de ficção científica, cultura pop e humor negro. Sagan se vale dessa mistura para criticar o ponto de vista antropocêntrico de muitos cientistas em face da questão da vida fora do nosso planeta. (MORA, 2003, p. 86).

A autora pondera que o sucesso de um texto de divulgação está no fato dele ser efetivado na literatura, pois só assim é que poderá se efetivar e permanecer na cultura. Em seguida, exalta as obras de Carl Sagan dentro dos textos de divulgação científica autênticos a serem implementados como obras literárias. Segundo ela:

(...) no dia em que as antologias literárias incluírem Jay Gould e Sagan, Dawkins e Hoyle, terá sido dado um grande passo na cultura. Se for defendido o valor destas e de muitas outras obras de divulgação científica como literatura, independentemente do tema, estará cimentada uma tradição literária mais flexível e, portanto, mais completa. (MORA, 2003, p.109).

Para ela, na segunda metade do século XX começam a surgir escritores que combinavam conhecimentos científicos com sensibilidade e imaginação, dentre eles estava Carl Sagan. Ele traz uma prosa flexível, mas não perde o rumo e nem o objetivo. Usa de forma conveniente a gíria científica e desperta prazer ao leitor independentemente do tema que está sendo transmitido.

Mora (2003) faz uma citação em que Carl Sagan lança mão da metáfora no livro *Cosmos* ao revelar poeticamente o oceano em que estamos imersos:

O COSMOS FOI DESCOBERTO SOMENTE ONTEM. Por um milhão de anos era claro para todos que não havia outros locais senão a Terra. Então no último décimo por cento da duração da vida da nossa espécie, no instante entre Aristarco e nós, relutantemente notamos que não somos o centro e o propósito do universo, mas vivemos em um mundo diminuto e frágil perdido na imensidão e eternidade, impelido em um grande oceano cósmico salpicado aqui e ali com cem bilhões de galáxias e um bilhão de trilhão de estrelas. Bravamente testamos as águas e descobrimos que o oceano era como queríamos, consoante com a nossa natureza. Algo em nós reconhece o Cosmos como o lar. Somos feitos de cinza estelar. Nossa origem e evolução está ligada a eventos cósmicos distantes. A exploração do Cosmos é uma viagem de autodescoberta. (SAGAN, 1992, p. 318).

Podemos observar no capítulo 8 (oito) do *Cosmos* o emprego de analogias e metáforas em uma relação que Sagan faz entre grãos de areias das praias do planeta e estrelas contidas nos céus na vasta imensidão do Cosmos. Em suas palavras ele ressalva o seguinte:

Um punhado de areia contém cerca de 10.000 grãos, mais do que o número de estrelas que podemos ver a olho nu em uma noite clara. Mas as estrelas visíveis são somente uma fração mínima de estrelas existentes. O que vemos à noite são meros laivos das mais próximas. Enquanto isso o Cosmos é rico, o número total

de estrelas é maior do que todos os grãos de areia de todas as praias do planeta Terra. (SAGAN, 1992, p. 196).

Em um outro momento é possível observar que Sagan (1992) traz exemplos com recurso ao cotidiano, bem como o emprego de analogias e metáforas para explicar como as possíveis inquietações de Einstein tenha chegado a resultados importantes para o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Especial - TRE. Principalmente sobre a ideia de simultaneidade entre dois eventos e a questão de não haver privilégios entre dois referenciais, quando ambos forem inerciais.

Imaginemos que estou dirigindo uma bicicleta na sua direção. À medida que me aproximo de um cruzamento, quase colido, assim me parece, com uma carroça. Eu desvio e tento evitar ser atropelado. Pensemos novamente sobre o evento e imaginemos que a carroça e a bicicleta estão ambas se deslocando em uma velocidade próxima à da luz. Se você estiver mais além na estrada, a carroça estará em ângulo reto com a sua linha de visada. Você me vê, pela luz do Sol refletida, que se dirige na sua direção. Será que a minha velocidade adicionada à da luz não faria a minha imagem chegar a você consideravelmente antes da imagem da carroça? Será que você não me verá desviando antes de ver a carroça chegar? Poderemos a carroça e eu aproximarmo-nos do cruzamento simultaneamente do meu ponto de vista, mas não do seu? Poderia eu experimentar uma colisão imediata com a carroça, enquanto você talvez me veja desviando do nada e pedalar alegremente em direção à cidade de Vinci? São perguntas curiosas e sutis. (SAGAN, 1992, p. 199).

Sagan (1992) utiliza a base história para mostrar que na antiguidade os europeus acreditavam em privilégios de alguns referenciais em relação a outros, envolvendo questões políticas, sociais, culturais e organizacionais. Na concepção de Einstein todas as leis da física são as mesmas para todos os referenciais inerciais, em qualquer lugar do planeta, ou seja, não há composições de referenciais privilegiados na física desde que sejam inerciais.

Os europeus, por volta do início do século, geralmente acreditavam em composições privilegiadas de referência, que a cultura e organização política alemã, francesa ou inglesa eram melhores que as dos outros países; que os europeus eram superiores aos outros povos afortunados o bastante por serem colonizados. A aplicação social e política das idéias de Aristarco e Copérnico eram rejeitadas ou ignoradas. O jovem Einstein rebelou-se contra a noção de composições privilegiadas de referência na física tanto quanto o fez em relação à política. Em um universo repleto de estrelas correndo desordenadamente em todas as direções, não havia nenhum local que estivesse "em repouso", nenhum referencial no qual a visão do universo fosse superior às outras. Este é o significado do termo relatividade. (SAGAN, 1992, p. 200).

Pinto (2007, p. 113) assim como Mora (2003), considera que os trabalhos de Divulgação Científica disseminados por Sagan, bem como de outros autores abre mão de uma linguagem técnico-científico para dá espaço a conceitos simples e acessíveis para

um público amplo. Quanto a questão dos aspectos científicos contido nas ideias dos autores, ele ressalva: Nesse caso, contudo, é mantido o cuidado com pressupostos científicos, sem as barreiras da comunicação técnico-científica e sem o formato acadêmico.

Para concluir que a obra de Sagan (1992) pode ser considerada uma obra de Divulgação Científica, os trechos abaixo do livro *Cosmos* que descreve o processo ocorrido até o nascimento de uma estrela anã-branca irá mostrar o quanto ele estava preocupado em levar ao público leigo uma linguagem clara e simples, sem que com isso perca sua originalidade e provoque incoerências aos fatos da ciência. Ao mesmo tempo, é possível observar o rigor de sua obra de divulgação, bem como a riquezas de detalhes e explicações necessárias para a compreensão das pessoas.

(...) Mas a fusão do hidrogênio não pode continuar para sempre; no sol ou em outra estrela, há somente uma determinada quantidade de combustível hidrogênio em seu interior quente. O destino de uma estrela, o final de seu ciclo de vida, depende muito da massa inicial. (Sagan, 1992, p.231).

E continua:

(...) quando o hidrogênio central tiver todo reagido para formar o hélio, daqui a cinco ou seis bilhões de anos, a zona de fusão do hidrogênio migrará lentamente para fora, um recipiente em expansão de reações termonucleares, até atingir o local onde as temperaturas são menores de que dez milhões de graus. A fusão do hidrogênio se encerrará (...) (Sagan, 1992, p.231).

De tal forma que: "(...) a cinza se transformará em combustível e o sol se engajará em um segundo ciclo de reações de fusão" (Sagan, 1992, p.231).

Sagan (1992) leva um largo tempo em seu livro para explicar o processo com riquezas de detalhes até o nascimento da estrela. E após uma gama de detalhes explicativos sobre processos que ocorrem devido a presença de combustíveis, ele finalmente chega a definição de anã-branca e explica como o Sol se transformará em uma delas:

(...) os restos do Sol, o centro solar exposto, a princípio envolto em sua nebulosa planetária, será uma pequena estrela quente, esfriando no espaço, colapsando em uma densidade jamais imaginada na Terra, mais de uma tonelada em uma colher de chá. Daqui a bilhões de anos o Sol se tornará uma anã-branca degenerada, esfriando como todos os pontos de luz que vemos nos centros das nebulosas planetárias, com temperaturas de superfície altas até o seu último estágio, uma anã-preta, escura e morta. (SAGAN, 1992, p.232).

No episódio 8 (oito) do Cosmos encontramos uma riqueza de detalhes e o uso de analogias empregados por Sagan (1992), para mostrar a importância atribuída à luz quando percorridas distâncias na faixa de ano-luz. Na oportunidade ele faz menção sobre a constelação de Beta Andrômeda e o tempo que a luz viaja dela até chegar ao planeta terra percorrendo a imensidão do universo.

A segunda estrela mais brilhante na constelação de Andrômeda, chamada Beta Andrômeda está a setenta e cinco anos-luz de distância. A luz que vemos agora levou setenta e cinco anos atravessando a escuridão do espaço interestelar em sua longa viagem para a Terra. Se por um evento improvável a Beta Andrômeda tiver explodido na última terça-feira, levaremos setenta e cinco anos para sabê-lo, pois esta informação interessante, viajando com a velocidade da luz, levará setenta e cinco anos para atravessar as enormes distâncias interestelares. Quando a luz que vemos agora desta estrela iniciou sua longa viagem, o jovem Albert Einstein, trabalhando como um funcionário suíço registrado, tinha acabado de publicar sua teoria da relatividade aqui na Terra. (SAGAN, 1992, p. 198).

Mais adiante ele traz exemplos com recursos ao cotidiano, para continuar explicando a importância e quão rápido viaja a luz entre grandes distâncias.

Não é uma situação restrita a objetos astronômicos, mas somente objetos astronômicos estão tão distantes que a velocidade finita da luz se torna importante. Se você estiver olhando para um amigo a três metros, na outra extremidade da sala, não o verá como é agora mas sim como era a um centésimo de milionésimo de segundo atrás $[(3 \text{ m}) / (3 \times 10^8 \text{ m/s}) = 1 / (10^8/\text{s}) = 10^{-8} \text{ s}]$, ou um centésimo de um microssegundo.] (SAGAN, 1992, p. 198).

Finalizamos observando o quanto Sagan é enfático e pontual quando ressalta que nenhum objeto na natureza poderá viajar tão rápido quanto a luz no vácuo, podendo atingir velocidades próximas, mas sem jamais ultrapassá-las. Segundo ele, a natureza possui regras e comandos que devem ser obedecidos.

[...] Também nenhum objeto material pode mover-se mais rapidamente do que a luz: Não se deve viajar na ou além da velocidade da luz. Nada na física evita você de viajar próximo da velocidade da luz se você assim o desejar: 99,9% desta velocidade será ótimo. Não importa quanto você lute, jamais terá o décimo que falta. Para o mundo ser logicamente consistente, deve haver um limite de velocidade cósmica. (SAGAN, 1992, p. 200).

Ele volta a trazer novamente recursos cotidianos para deixar claro para o leitor o quão veloz viaja a luz. Além disso, há a presença de analogias em relação a outros conceitos da física como o som e destaca que a luz é uma lei fundamental da natureza que não pode ser violada. Assim, Sagan (1992) se vale de uma longa explicação das propriedades da luz para explicá-la de forma clara e acessível ao leitor.

Ouvimos o estado do chicote de couro, porque sua ponta move-se mais rápido do que a velocidade do som, criando uma onda de choque, um pequeno boom sônico. A detonação de um trovão tem uma origem semelhante. Pensava-se que os aviões não pudessem viajar mais rápido do que o som. Hoje o jato supersônico é uma realidade. Mas a barreira da luz é diferente da do som. Não é meramente um problema de engenharia, como o que foi resolvido pelo avião supersônico. É uma lei fundamental da natureza, tão básica quanto a da gravidade. Não há fenômenos em nossa experiência, como o estalo do chicote de couro ou a detonação de um trovão que sugeriram a possibilidade de viajar no vácuo mais rapidamente do que a luz. Pelo contrário, há uma gama extremamente ampla de experiências, com aceleradores nucleares e relógios atômicos por exemplo, em acordo quantitativo preciso com a relatividade especial. (SAGAN, 1992, p. 200).

Pinto (2009) ao considerar em termos do que sugere a Divulgação Científica canônica, ressalta a presença de uma linguagem acessível para o entendimento da obra analisada. O tema é apresentado com riquezas de detalhes necessários à compreensão do conteúdo que está sendo repassado, de maneira explícita, contundente e explicativa. Sua postura em deixar explícitas todas as informações necessária para compreender o processo da ciência, explicando e detalhando seu desenvolvimento, faz levar-nos a crer que suas obras carregue consigo um método de Divulgação Científica canônica.

Pinto (2007), afirma que a Divulgação Científica canônica está relacionado a formação humana como recurso para se chegar a divulgação de conceitos e aspectos estruturais da ciência. Além disso, pondera que a classificação das obras canônicas tem como ponto de partida e apoio na classificação dada por Mora (2003) quanto aos textos literários de Divulgação Científica.

Quando se trata em textos de Divulgação Científica na educação, Pinto (2007), considera a obra literária de Sagan como tendo uma linguagem essencial para despertar nos alunos o anseio para estudar ciência, bem como oferece ao professor um recurso importante para a discussão desse gênero em sala de aula.

Como a linguagem da filosofia da ciência pode ser de difícil aceitação pelos estudantes, achamos que o uso da narrativa de Sagan na sala de aula de ciências poderá introduzir os estudantes numa discussão fundamental ao entendimento da ciência, como é o caso do controle social da ciência. (PINTO, 2007, 163).

Além disso, Pinto (2007, p. 155), observa nas obras de Divulgação Científica de Sagan um recurso literário capaz de ampliar o ensino de ciências. “A divulgação científica como literatura é uma luz que em Sagan brilha, no sentido de ter o potencial de ampliar o alcance do ensino de ciências, entendido em sua dimensão cultural e ética”.

Podemos observar que a obra de Divulgação Científica disseminada por Sagan, apresenta conteúdos semelhantes aos critérios elaborados na metodologia dessa dissertação baseado nos escritos de Mora (2003). Então, podemos afirmar que o

documentário Cosmos, especialmente o episódio 8 (oito) que trata sobre a TRE tem características de uma obra de Divulgação Científica.

Finalizamos as discussões observando duas vertentes que evidencia se o texto do documentário Cosmo de Sagan (1992), em especial a Teoria da Relatividade Especial - TRE, possa ser de fato considerado uma obra de Divulgação Científica. A primeira diz respeito a sua proposta literária, bem como as riquezas de detalhes apresentadas pelo autor com expressões simples, tornando o texto acessível para o público leigo que não possui conceitos científicos necessários para a compreensão de uma linguagem técnica. Já a segunda assegura o rigor científico no qual ele fazia a disseminação de suas ideias sem distanciar-se da originalidade da ciência, por carregar consigo um método de Divulgação Científica canônica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Abrimos um parêntese após a análise e discussão feitas sobre o episódio 8 (oito) da Teoria da Relatividade Especial - TRE de Sagan, quando comparado aos trabalhos desenvolvidos pelo historiador Roberto de Andrade Martins. O fato de considerarmos o ponto de vista do supracitado autor não significa dizer que estamos tratando de uma verdade inquestionável, muito menos julgar improcedente a qualidade da obra de Sagan. Sabemos que existem outras posições de outros historiadores, sejam elas favoráveis ou contrárias as do mesmo.

Então, nosso propósito foi mostrar a comparação da obra Cosmos, especialmente a TRE de Sagan com vistas as pesquisas de Roberto de Andrade Martins. Seria um equívoco nosso desmerecer uma obra que teve estrondosa audiência na época em que foi apresentada ao público e que até hoje instigam jovens e adultos na busca de seguirem carreira científica, baseado na obra de um único autor.

Constatamos que houve acertos e desacertos históricos, conceituais e filosóficos na análise do documentário. O que mais chamou atenção foi o fato de Sagan cometer equívocos assim como outros livros e textos ao considerar Einstein como um “gênio” revolucionário, responsável pelo “descobrimento” da TRE. Podemos assegurar ao leitor que irá utilizar o episódio 8 (oito) do documentário Cosmos, em especial na educação, que a discussão correta do desenvolvimento da TRE antes da aplicação do documentário servirá como solução do problema referidas as inadequações evidenciadas. Tal fator não tira o mérito da obra de Sagan como material de Divulgação Científica. Mas faz-se necessário discutir corretamente os aspectos da História da ciência - HC sobre a TRE antes da sua aplicação em sala de aula, ou nos veículos de comunicação.

Outro fator importante que podemos retirar da construção dessa dissertação é que Sagan era um grande defensor da ciência, levando-nos a crer que ele podia apresentar algumas resistências em aceitar conhecimentos fora da academia científica, dificultando uma aproximação do público em geral. Assim, o dialogo de suas obras de Divulgação Científica com o público não especializado a um primeiro momento nos conduz a imaginar que não fosse possível em decorrência da sua cientificidade.

Como material de Divulgação Científica concluiu-se que Sagan faz uso de uma linguagem com riquezas de detalhes, tornando-a clara e acessível para o público não especializado em ciência. Recorre ao uso de metáforas, analogias e recurso ao cotidiano visando democratizar a produção da academia científica aos público leigo, contribuindo

para que eles tenham o conhecimento mínimo sobre assuntos da ciência e tecnologia, ou seja, sejam alfabetizados cientificamente.

Constatamos que Sagan carrega em suas obras de Divulgação Científica o modelo falsacionista de Karl Popper e considera a hipótese de que nunca seria possível chegar a verdade absoluta, mas somente a aproximações dela. Sua visão de ciência inspirado no modelo popperiano de observação e experimentação era a base para a separação entre ciência e pseudociência. O autor acreditava que a ciência eliminava seus erros por meio de refutações a testes feitos sobre hipóteses levantadas enquanto a pseudociência era totalmente contrário, ou seja, se tornam invulneráveis a qualquer meio que venha oferecer uma perspectiva de refutação.

Embora tenhamos discutidos vários pontos de vistas a respeito da Divulgação Científica no escopo dessa pesquisa, entendemos que há muito o que ser explorado e discutido quando pensamos em oferecer o acesso aos cidadãos a alfabetização científica. Os caminhos possíveis para o conhecimento do público não especializado sobre assuntos da ciência podem ser feitos por profissionais responsáveis em compartilhar na mídia materiais de Divulgação Científica, ou por meio da escolarização.

Tais recursos são essenciais para que os cidadãos tenham condições de conhecer os avanços do desenvolvimento científico e tecnológico que permeiam a sociedade em que vivem. É necessário pessoas críticas, reflexivas e atuantes para decidir assuntos do meio social, tendo em vista que a ciência e tecnologia incorporam questões sociais, políticas, econômicas, etc., funcionando como negócio por parte daqueles que detém o poder.

Os meios de Divulgação Científica surge como solução para tornar acessível ao público leigo assuntos relacionados a ciência, mesmo em meio a acusações de cientistas em haver mudança na linguagem do discurso científico de forma inadequada. Com isso, a motivação dessa dissertação ganhou mais força, de modo a investigar se o documentário científico de um dos maiores divulgadores/popularizadores da ciência como Sagan disseminava de maneira incoerente a linguagem científica.

Entendemos, assim como outros autores, que cientistas e jornalistas divulgadores da ciência deveriam rever os motivos causadores de conflitos, responsáveis por provocar distanciamento entre ambos. A aproximação entre os dois campos do saber poderia ajudar a melhorar a qualidade da Divulgação Científica, mesmo havendo um discurso próprio e intrínseco a cada uma área do conhecimento.

Pudemos verificar por meio de pesquisas já realizadas que foram feitas que textos de Divulgação Científica atenderam alguns critérios estabelecidos pelos autores, tais como, linguagem acessível, recurso ao cotidiano, rigor científico, bem como o uso de analogias e metáforas. O que também foi possível encontrar na obra Cosmos de Sagan, em especial no episódio 8 (oito) do documentário sobre a Teoria da Relatividade Especial – TRE.

Então, podemos chegar à conclusão de que a obra em questão constitui-se como material de Divulgação Científica. Também mostramos que a referida obra é considerada de Divulgação Científica canônica, deixando claro que Sagan além de carregar consigo uma visão da ciência, não perdia o rigor científico ao transformar com riquezas de detalhes a linguagem científica de forma clara e acessível para o público não especializado.

A presente pesquisa abrirá espaço para novos questionamentos sobre o uso de materiais de Divulgação Científica através de documentários científicos, em especial como material de apoio aos profissionais da educação. Após uma vasta revisão de literatura percebemos que são poucos trabalhos no Brasil explorando esse tipo de material. A escassez se perpetua mais ainda quando abre-se uma investigação sobre os trabalhos de Sagan, o qual encontramos poucas referências necessária para dá suporte a novas pesquisas.

Acreditamos que nosso trabalho de pesquisa servirá como referência para outras pesquisas, principalmente sobre o documentário Cosmos de Sagan. O episódio 8 (oito) que trata sobre o uso da Teoria da Relatividade Especial – TRE, constitui-se outro tema alvo de diversas críticas por parte de autores que defendem sua inserção no currículo escolar. Há a alegação de que os professores estão prezando pelo ensino tradicional nas aulas de Física, com o método expositivo e na resolução de questões com fórmulas algébricas de forma complexa. A alegação é de que a Física vigente nas instituições de ensino está fundamentada na mecânica clássica, teoria desenvolvida a séculos anteriores. A TRE seria então a porta para reformulação dos currículos, a Física do século, capaz de instigar os alunos a conhecerem os avanços científicos e tecnológicos presentes na sociedade.

REFERÊNCIAS

- AIRES, J.A., et al. (2003) Divulgação científica na sala de aula: um estudo sobre a contribuição da Revista Ciência Hoje das Crianças. Em: **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**. Bauru, SP.
- ABRANTES, Paulo Cesar Coelho. Problemas metodológicos em historiografia da ciência. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). **Epistemologia e ensino de ciências**. Salvador: Arcádia, 2002. p. 51-91.
- ALBAGLI, Sarita. "Divulgação científica: informação científica para cidadania." **Ciência da informação**. 25.3 (1996).
- AULER, Décio & DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científico-tecnológica para quê?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, 3.2 (2001): 122-134.
- BOGDAN, R. C., et al. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. 1994.
- BUENO, W.C. Jornalismo e Ciência no Brasil: os compromissos de uma prática dependente. **Revista Brasileira de Tecnologia** 1985: 1421-1425.
- BUENO. Jornalismo Científico no Brasil. Porto CM, org. In: **Difusão e Cultura Científica: alguns recortes** [on line]. Salvador. Edufba, 2009.
- BURKETT, W. **Jornalismo científico**: como escrever sobre ciência, medicina e alta tecnologia para os meios de comunicação. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1990. Disponível em: <<http://www.jornalismocientifico.com.br/revista/04/artigos/artigo2.asp>>. Acesso em: 03 de abr. de 2018.
- BRANDI, Arlete Terezinha Esteves, & GURGEL, Célia Margutti do Amaral. A alfabetização científica e o processo de ler e escrever em séries iniciais: emergências de um estudo de investigação-ação. **Ciência & Educação**, v.8, n.1, p. 113-125, 2002.
- CALDAS, GRAÇA. Divulgação científica e relações de poder. **Informação & Informação** 15.1esp (2010): 31-42.
- CANTANHEDE, S. C. S. ALEXANDRINO, D. M. QUEIROZ, S. L. Texto de divulgação científica como recurso didático no ensino de química. São Carlos: IQSC, 2015.
- CARIBÉ, Rita de Cássia do Vale. Comunicação científica: reflexões sobre o conceito. **Informação & Sociedade: Estudos** 2015, p. 89-104.
- CAZELLI, Sibeles & COIMBRA, Carlos. Avaliação formal na educação não formal—. **Anais da Quarta Reunião da Associação Brasileira de Avaliação Educacional–ABAVE**, Rio de Janeiro–RJ, 2008, p.18.
- CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. et al. A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis, Vozes, 2008.

CORDEIRO, Cecília Siqueira. **Historiografia e história da historiografia**: alguns apontamentos. Simpósio Nacional de História, Anais eletrônicos. Florianópolis, SC (2015).
 CUNHA, M. B.; GIORDAN, M. A divulgação científica como um gênero de discurso: implicações na sala de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 17., 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 2009. (1 CDROM).

CHAKRAVARTTY, A. **A Metaphysics for Scientific Realism**: Knowing the Unobservable. Cambridge University Press, 2007.

CHALMERS, A. F. **O que é Ciência afinal?** Tradução Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993, p. 123-137. 225 p.

CHALMERS, A. **What is this thing called Science?** Indianápolis: Hackett Publishing Co., 1999.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica**: uma possibilidade para a inclusão social." n. 22 a 09. 2006).

CLARKE, Arthur. 2001 - **Odisséia no espaço**. Portugal: Europa-América, 1982.

DELIZOICOV, Demétrio & LORENZETTI, Leonir. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio Pesquisa em educação em Ciências**. 2001, p. 37-50.

DUARTE, Jorge. Da divulgação científica à comunicação. **Associação Brasileira de Jornalismo Científico**, 2004.

DURANT, John. O que é alfabetização científica. Terra incógnita: a interface entre ciência e público. Rio de Janeiro, **Casa da Ciência**, p. 13-26, 2005.

ESTRADA, M. I. D. 200 Anos da Pilha. **Ciência Hoje das Crianças**. Rio de Janeiro, nº 92, ano 12, p. 18-21, jun/1999.

FEYERABEND, P. **Contra o método** (OS Mota & L. Hegenberg, trad.)." Rio de Janeiro, RJ: Francisco Alves, 1977.

FORATO, T. C. M., & PIETROCOLA, M.. O arrastamento parcial do éter de Fresnel como explicação científica. **Atas do V Encontro Nacional Pesquisa em Educação em Ciências, ABRAPEC**, Bauru. CD-ROM, 2005.

FORATO, T. C. M. A Filosofia mística e a doutrina Newtoniana: discussão historiográfica. **ALEXANDRIA. Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 3, p. 29-53, nov. 2008.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, Mauricio; MARTINS, Roberto de Andrade. **Historiografia e Natureza da Ciência na sala de aula. Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, abr. 2011.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GERMANO, Marcelo Gomes, WOJCIECH, Andrzej Kulesza. Popularização da ciência: uma revisão conceitual. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**. p. 7-25, 2007

Germano, Marcelo Gomes. **Uma nova ciência para um novo senso comum**. EDUEPB, 2011.

GODOY, Arlida Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**.1995^a, p. 57-63.

GODOY, Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de empresas** 35.3 1995b, p. 20-29.

GOMES, L. C.; FUSINATO, P. A.; NEVES, M. C. D. Análise da relação entre força e movimento em uma revista de divulgação científica. *Ciência & Educação*, v.16, n.2, p.341-353, 2010.

GRAY, David E. **Pesquisa no mundo real**. Penso Editora, 2016.

HEBERLÊ, Antonio. Interações possíveis na mediação da ciência. IN: NETO, Antonio Fautsto (org.). **Mediação da ciência: cenários, desafios e possibilidades**. Campina Grande: EDUEPB, 2012.296 p.

HILGARTNER, S. The dominant view of popularization: Conceptual problems, political uses. **Social studies of Science**, v. 20, n. 3, p.519-539,1990.

IVANISSEVICH, Alicia. A mídia como intérprete: como popularizar a ciência com responsabilidade e sem sensacionalismo. IN: VILASBOAS, Sérgio (org.). **Formação e informação científica: jornalismo para iniciados e leigos**. São Paulo: Summus, 2005.

KÖHNLEIN, Janete Francisca Klein. "**Uma discussão sobre a natureza da ciência do ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita**. 2003.

KLEIN, M. J.: Use and Abuse of Historical Teaching in Physics. In: BRUSH, S. G. & KING, A. L. (eds.) **History in the Teaching of Physics**, University Press of New England, Hanover. 1972.

KUHN, Thomas. **O caminho desde a estrutura**. Tradução de Cesar Mortari. São Paulo: UNESP, 2003.

LAUDAN, L. **O progresso e seus problemas: rumo a uma teoria do crescimento científico**. Trad. por Roberto Leal Ferreira. São Paulo: UNESP, 1977.

LAKATOS, I.; MUSGRAVE A. (Org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. (Tradução de Octavio Mendes Cajado.) São Paulo: Cultrix, 1979.

LAKATOS, I. **Historia de La ciencia y sus reconstrucciones racionales**. (Tradução de Diego Ribes Nicolás). Espanha: Editorial Tecnos, 1987. p.11-43. 158 p.

LEAL, Maria Cristina, & GOUVÊA, Guaracira. Narrativa, mito, ciência e tecnologia: o ensino de ciências na escola e no museu. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte 2.1 (2000): 5-33.

LORENZETTI, Leonir. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais**. 2000.
MARTINS, Roberto de Andrade. Galileo e o princípio da relatividade. **Cadernos de história e filosofia da ciência** 9 1986, p. 69-86.

MARTINS, Galileo e a rotação da Terra. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. 1994. p.196-211.

MARTINS. Como distorcer a física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 2-Física moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. 1998. p. 265-300.
MARTINS. Como não escrever sobre história da física—um manifesto historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. 2001, p.113-129.

MARTINS. "Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência." *ALFONSO-GOLDFARB, AM; BELTRAN, MHR Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. São Paulo: Educ (2004): 115-145.

MARTINS. **Introdução**: a história das ciências e seus usos na educação. Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física 2006: 17-30.

MARTINS. **A origem histórica da Relatividade Especial**. 1ª edição. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

MARTINS. A dinâmica relativística antes de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 27, n.1, p. 11-26, 2005b.

MASSARANI, Luisa & MOREIRA, Ildeu. A divulgação científica no Rio de Janeiro: algumas reflexões sobre a década de 20. **História, Ciências, Saúde—Manguinhos**.1998, p. 627-651.

MATTHEWS, Michael S. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. 1995. p. 164-214.

MORA, Ana María Sánchez. **A divulgação da ciência como literatura**. Tradução: Silvia Perez Amato. Rio de Janeiro, Casa da Ciência, UFRJ, 2003.

MOREIRA, Ildeu de Castro, MASSARANI, Luisa. Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil. **Ciência e público**: caminhos da divulgação científica no Brasil. Rio de Janeiro: Casa da Ciência—Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da UFRJ (2002): 44-64.

MUELLER, Suzana Pinheiro Machado. Popularização do conhecimento científico. *DataGramaZero: Revista de Ciência da Informação*, v. 3, n. 2, p. 1-11, abr. 2002.

OLIVEIRA, R. A de, & SILVA, A.P.B. da. A História da Ciência no Ensino: diferentes enfoques e suas implicações na compreensão da Ciência. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 8, 2011.

OSTERMANN, Fernanda, & MOREIRA, Marco Antonio. Física contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*. 2000, p. 391-404.

OSTERMANN, Fernanda. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física**, 2000.

OSTERMANN, Fernanda, CAVALCANTI, C. J. H.. **Epistemologia**: implicações para o ensino de ciências. Porto Alegre: Evangraf, 2011.

PEREIRA, DANILO NOGUEIRA ALBERGARIA. **A visão de ciência propagada por Carl Sagan**. Campinas, SP: [s.n.]. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Estudos da Linguagem, 2013.

PEREIRA, M. S. V. Os Microvilões. *Ciência Hoje das Crianças*. Rio de Janeiro, ano 15, nº 130, p. 16-19, nov/2002.

PÉREZ, D. Gil, F. Senent, and Jordi Solbes. Análisis crítico de la introducción de la física moderna en la enseñanza media. **Revista de Enseñanza de la Física**. 1986: 16-24.
PÉREZ, Daniel Gil, *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, 2001: 125-153.

PIETROCOLA, Maurício de Oliveira. A extensão do princípio de relatividade à óptica. **Seminário nacional de história da ciência**, 1993.

PINTO, Gisnaldo Amorim. Literatura não-canônica de divulgação científica em aulas de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. 2009. p. 262-276.

PINTO, Gisnaldo Amorim. **Divulgação Científica como literatura e o ensino de ciências**. Tese de Doutorado da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2007.

POPPER, Karl R. **Conhecimento objetivo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975.

POPPER. **Conjecturas e refutações**. Tradução de Benedita Bettencourt. Coimbra: Almedina, 2003.

REIS. **Ponto de vista**: José Reis. *L. Massarani, IC(2002)*.

SAGAN, Carl. **Cosmos**. Editora Vila Rica, 1992.

Sagan, Carl. **O mundo assombrado pelos demônios**: a ciência vista como uma vela no escuro. Editora Companhia das Letras, 2006.

SILVA, G., AROUCA, M. GUIMARÃES, V. As exposições de divulgação científica. **Ciência e público, caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência–Centro Cultural de Ciência e tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

SILVA, Henrique César da. "O que é divulgação científica?." **Ciência & Ensino** (ISSN 1980-8631), 2007.

SOARES, Magda. **Letramento**: um termo em três gêneros. Belo Horizonte, Autêntica, 1998.

SOUSA, Cidoval Morais, SILVEIRA, Tatiana Scalco. **Ciência e tecnologia na mídia impressa paulista**, 2001.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. 1992: 209-214.

TOLEDO, B., I. Arriasecg, and G. Santos. Análisis de la transición de la física clásica a la relativista desde la perspectiva del" cambio conceptual. **Enseñanza de las Ciencias**,1997, p. 79-90.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais – A pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Editora Atlas, 1987.

VIEIRA, C. L. **Pequeno manual de divulgação científica**: dicas para cientistas e divulgadores de ciência. São Paulo: CCS/USP, 1998.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.