

ANA PAULA DAMATO BEMFEITO

UMA PROPOSTA DE “APRIMORAMENTO DO OLHAR” SOBRE OS  
PRINCÍPIOS E CONCEPÇÕES DE MUNDO PRESENTES NA  
HISTÓRIA DO PENSAMENTO OCIDENTAL QUANTO À BUSCA  
HUMANA POR UMA “TEORIA DE TUDO”

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção de título de Doutor em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

Orientador: Ricardo Silva Kubrusly

RIO DE JANEIRO

2015

B455p Bemfeito, Ana Paula Damato  
Uma proposta de "aprimoramento do olhar" sobre os princípios e concepções de mundo presentes na história do pensamento ocidental quanto à busca humana por uma "teoria de tudo" / Ana Paula Damato Bemfeito. -- Rio de Janeiro, 2015.  
163 f.

Orientador: Ricardo Silva Kubrusly.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Decania do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Programa de Pós Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, 2015.

1. Teorias de Unificação. 2. Epistemologia da Ciência. 3. Teorema de Gödel. 4. Análise do Discurso. 5. Princípios. I. Kubrusly, Ricardo Silva, orient. II. Título.

ANA PAULA DAMATO BEMFEITO

UMA PROPOSTA DE “APRIMORAMENTO DO OLHAR” SOBRE OS  
PRINCÍPIOS E CONCEPÇÕES DE MUNDO PRESENTES NA  
HISTÓRIA DO PENSAMENTO OCIDENTAL QUANTO À BUSCA  
HUMANA POR UMA “TEORIA DE TUDO”

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção de título de como parte dos requisitos necessários à obtenção de título de Doutor em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

Aprovada em 28 de abril de 2015

---

Orientador, Ricardo Silva Kubrusly, Dr. HCTE/UFRJ

---

José Abdalla Helayël-Neto, Dr., CBPF

---

Carlos Benevenuto Guisard Koehler, Dr. HCTE/UFRJ

---

Francisco Caruso Neto, Dr., CBPF

---

José Augusto Oliveira Huguenin, Dr., UFF

## DEDICATÓRIA

À memória do meu pai Horácio,  
presente a cada instante, cuja  
existência me ensinou o que é o  
amor verdadeiro.

## Agradecimentos

- À minha mãe Mirian, outra referência do que é amor verdadeiro e que traz aos meus dias a paz de quem tem em quem se apoiar em qualquer circunstância;
- Aos grandes amores da minha vida, Davi e Laura, que fazem os momentos juntos tão especiais. Obrigada por, na sabedoria dos seus recentes treze anos, entenderem a ausência freqüente da dinda e preservarem o nosso amor e a alegria em nossos encontros;
- Às minhas irmãs Fabíola e Daniela, cujas existências são o grande alicerce da vida de nós três;
- À irmã que a vida me deu, Érika, manifestação concreta de que a família verdadeira é aquela que o nosso coração escolhe. Obrigada pela manifestação de confiança e parceria em momentos tão difíceis;
- Ao meu irmão Leo, irmão que a Dani, a afinidade e o coração me deram. Obrigada por entender a língua que falo;
- Ao meu orientador, Ricardo Kubrusly, por quem me apaixonei à primeira aula, cujos encontros semanais me levavam a muitos lugares, mas principalmente a mim mesma;
- À Regina Dantas, amiga que o HCTE me deu, cuja parceria e incentivo foram essenciais desde as primeiras aventuras “hcteanas”;
- Aos amigos cuja presença faz a diferença, mas cuja compreensão das minhas ausências traz a certeza de que tudo nunca foi em vão;
- Aos meus amores verdadeiros, que me fizeram ter certeza que os encontros de alma são os que dão magia à vida;
- Aos mestres que tive e tenho, que me inspiram na busca de um pouco de sabedoria;
- Aos meus alunos, em especial àqueles tantos que alimentam minha certeza de que realmente vale a pena;
- Aos meus colegas, em especial àqueles com quem compartilho o olhar dos que possuem o fascínio pelo conhecimento, que lutam pela ética e me ajudam a não desistir do ser humano;

OBRIGADA!

*“Parecia-me coisa suprema conhecer a explicação de tudo  
– como surgiu, como perece, por que existe.”  
(Sócrates)*

*“A função da arte”*

*Diego não conhecia o mar. O pai, Santiago Kovadloff, levou-o para que descobrisse o mar.  
Viajaram para o Sul.*

*Ele, o mar, estava do outro lado das dunas altas, esperando.*

*Quando o menino e o pai enfim alcançaram aquelas dunas de areia, depois de muito  
caminhar, o mar estava na frente de seus olhos. E foi tanta a imensidão do mar, e tanto seu  
fulgor, que o menino ficou mudo de beleza.*

*E quando finalmente conseguiu falar, tremendo, gaguejando, pediu ao pai:*

*- **“Me ajuda a olhar!”***

*(Eduardo Galeano, 1989)*

## RESUMO

BEMFEITO, Ana Paula D. Uma proposta de “aprimoramento do olhar” sobre os princípios e concepções de mundo presentes na história do pensamento ocidental quanto à busca humana por uma “teoria de tudo”. Rio de Janeiro, 2015. Tese (doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) Programa em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Buscamos, com esse material, contribuir com uma metodologia de “aprimoramento do olhar” voltada para identificar os princípios e as concepções presentes nas visões de mundo de pensadores e cientistas que buscaram, ao longo da História do Pensamento Ocidental, propor ideias, modelos ou teorias de unificação, ou “teorias de tudo” sobre o comportamento da natureza. Para isso, após apresentar um panorama dessa busca ao longo da História, identificamos os princípios que consideramos mais relevantes e que sustentam a compreensão do mundo desses pensadores. Em seguida, trouxemos o “estado da arte” dessa busca no atual momento histórico, assim como se há alguma influência do Teorema de Gödel nessa questão. Para isso, lançamos mão de textos escritos por cientistas e pensadores variados e buscamos, através da metodologia da Análise do Discurso, identificar a presença ou não desses princípios nesses textos escritos. Afinal, consideramos a ciência como uma construção humana, fruto de visões de mundo presentes em um contexto sócio-econômico e cultural específico. Nessa linha, pensamos que é fundamental trazer discussões que contribuam para a tomada de consciência por parte dos atores principais da construção do conhecimento científico atual do quanto suas visões de mundo são impregnadas de princípios e concepções diversos, não sendo jamais neutras, mas fruto de visões dogmáticas, subjetivas e reflexos de determinados contextos.

**Palavras-chave:** Teorias de Unificação – Epistemologia da Ciência – Teorema de Gödel – Análise do Discurso – Princípios

## ABSTRACT

BEMFEITO, Ana Paula D. Uma proposta de “aprimoramento do olhar” sobre os princípios e concepções de mundo presentes na história do pensamento ocidental quanto à busca humana por uma “teoria de tudo”. Rio de Janeiro, 2015. Tese (doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) Programa em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

With this material, we look for contribute with a methodology of "improving the gaze" to identify the principles and concepts present in the worldviews of thinkers and scientists who sought along the History of Western Thought, propose ideas, models or theories of unification or "theories of everything" about the behavior of nature. For this, after presenting an overview of this quest throughout history, we identify the principles that we consider most relevant and that sustain the world's understanding of these thinkers. Then we bring the "state of the art" of that search in the current historical moment, as if there is any influence of Gödel's theorem in this matter. For this, we will use texts written by scientists and thinkers and seek, through methodology of Discourse Analysis, identify the presence or absence of these principles in these written texts. After all, we consider science as a human construction, fruit of worldviews present in a socio-economic and cultural context. Along these lines, we think it is important to bring discussions to contribute to the awareness on the part of the main actors responsible for the construction of the current scientific knowledge of how their world views are impregnated with various principles and concepts, not being never neutral, but the result of dogmatic visions, subjective and reflections of certain contexts.

**Keywords:** Unified Theories - Epistemology of Science - Theorem of Gödel - Discourse Analysis - Principles

## Lista de Quadros

Quadro 1 - Unificações ao Longo da História .....	22
Quadro 2: Episódio Discursivo Categoria 1: o princípio da unicidade .....	98
Quadro 3: Episódio Discursivo Categoria 2: princípio da simetria, beleza, a elegância, como um guia para a formulação de teorias corretas .....	101
Quadro 4: Episódio Discursivo Categoria 3: crença na existência de uma lógica .....	106
Quadro 5: Episódio Discursivo Categoria 4: concepção de que “há um sentido” por trás de tudo .....	108
Quadro 6: Episódio Discursivo Categoria 5: princípio da ordem .....	110
Quadro 7: Episódio Discursivo 6: categoria 6: concepção de que “existem leis” que explicam o comportamento da natureza e que temos acesso a essa investigação .....	112
Quadro 8: Episódio Discursivo Categoria 7: entendimento quanto ao Teorema de Gödel inviabilizar ou não uma Teoria de Tudo .....	113

# Sumário

INTRODUÇÃO .....	11
CAPÍTULO 1 - PANORAMA GERAL DAS UNIFICAÇÕES DA CIÊNCIA OCIDENTAL .....	17
CAPÍTULO 2 - VISÕES DE MUNDO, CONCEPÇÕES, PRINCÍPIOS, CRENÇAS QUE SUSTENTAM A BUSCA POR UMA TEORIA UNIFICADA .....	28
CAPÍTULO 3 - O ESTADO DA ARTE DESSA BUSCA NA CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA .....	43
CAPÍTULO 4 - O PAPEL DO TEOREMA DE GÖDEL ou O SONHO DE HILBERT PODE POR FIM AO SONHO DE EINSTEIN? .....	49
CAPÍTULO 5 - APRIMORANDO O OLHAR ATRAVÉS DA ANÁLISE DO DISCURSO .....	56
CAPÍTULO 6 - CONVERGÊNCIAS E DIVERGÊNCIAS ENTRE OS DISCURSOS DOS TEXTOS.....	97
CONCLUSÃO .....	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	120
.....	
APÊNDICE – TEXTOS TOMADOS PARA AS ANÁLISES DO DISCURSO .....	123

# INTRODUÇÃO

A busca de uma “explicação final” para os fenômenos naturais sempre permeou as investigações de muitos pensadores ao longo da História do Pensamento Ocidental.

Para muitos homens de ciência, a Teoria de Tudo (TOE, do inglês “Theory of Everything”) ou Teoria da Unificação é a maior busca científica a ser empreendida pelo homem. Seria algo como “*ler o livro da natureza, unir todas as leis da natureza em uma representação simples e única, escrito em linguagem matemática e fundado nos princípios da lógica clássica*” (BARROW, 1994). Está entre as grandes questões da pesquisa em Física do século XXI, quando investiga a possibilidade de ser hoje uma Teoria de Tudo algo que pode ser identificada com a questão da unificação das forças fundamentais.

*“...muitos físicos acreditam ser o objetivo final da ciência, uma espécie de Santo Graal da Física Teórica: a descrição completa de como as partículas elementares da matéria interagem entre si e que, de quebra, mostra que todas as forças que descrevem essas interações são uma só”. (GLEISER, 2011)*

Afinal, uma descrição como essa seria sempre o ponto de partida para, dentro de determinadas condições, estimar como as partículas elementares interagem entre si e, portanto, descrever fenômenos, chegando à modelos adequados ao comportamento observado na natureza.

As raízes dessa busca encontram-se no período pré-socrático, caminha dali até os dias atuais, foi a grande busca de muitos cientistas no século passado, entre eles Einstein, e está entre as grandes questões atuais da pesquisa em Física do

século XXI, quando investiga sobre a possibilidade da Teoria da Grande Unificação, que possui como suas candidatas as denominadas Teoria M e a Gravitação Quântica em Loop.

Pretendemos apresentar um panorama das ideias de pensadores que preocuparam-se com essa questão, seja como principal ou acessória, desde o período pré-socrático até os dias atuais.

Buscaremos mostrar que, ao longo de tantos séculos, a busca do ser humano por uma “explicação final” foi um dos principais pilares que sustentaram a aventura humana pelo conhecimento.

Vale dizer que, desde a mais tenra idade, meu maior fascínio sempre foi pelo conhecimento. Ainda muito criança, tomei ciência das inexoráveis “sentenças” às quais cada ser humano estava destinado a cumprir: a finitude da própria existência e a limitação do próprio conhecimento. Entretanto, muitos foram aqueles que ousaram dedicar suas vidas em busca de desvendar os véus da ignorância humana, seja através da ciência, da arte, da filosofia, ou de outras formas. Mesmo os pensadores contemporâneos, mais assombrados pelos fantasmas da possibilidade do total insucesso nessa busca, já despidos da crença no determinismo e na possibilidade de existência de uma ciência epistêmica, sinalizam a necessidade de manter-se em contato com as perguntas sobre a existência do cosmos, da vida ou da existência de uma suposta “razão” humana. Vence, a meu ver, a curiosidade. Perde a evidente possibilidade de frustração ante a possibilidade de chegar a uma “resposta definitiva” para tudo.

Alguns ainda ousaram indo além: mais do que buscarem responder questões específicas, buscaram uma teoria que explicasse tudo, uma “explicação final” para a existência do universo. Portanto, seja antes ou depois dos abalos surgidos na concepção de ciência após os últimos anos do século XIX, buscas diversas foram empreendidas por alguns homens em prol de uma “Teoria de Tudo”. Portanto, se há uma questão que se destaca mais entre tantas outras que nos seduzem a pesquisar, essa é a busca pelas motivações, princípios, contextos diversos, e produtos da busca desses pesquisadores por essa “explicação final”. E entendemos aqui que o princípio do uno, da unicidade, da unidade é um deles.

Pensamos que é uma busca que se sustenta. Afinal, o “tudo” sempre foi alvo do fascínio humano. Ainda permitindo-se lançar especulações, qual ou quais deve ou devem ser as motivações desse fato? Não seria absurdo supor que há algo

de sedutor e intrigante na intuição que motiva os homens desde a Grécia pré-socrática que sinaliza uma “aparente unidade” permeando tanta diversidade.

*“Quanto mais o homem investiga as leis que regulam o universo material, mais se convence de que todas as suas variadas formas surgem da ação de uns poucos princípios simples”.* (BARROW, 2007).

E ainda temos a questão do papel da Matemática na descrição da natureza:

*“Um exame do milênio passado de realizações humanas revela o quanto foi conquistado ao longo dos três últimos séculos, desde que Newton deu início à efetiva matematização da natureza. Descobrimos que o mundo está curiosamente adaptado a uma descrição matemática simples. Já é bastante enigmático que o mundo seja descrito pela matemática; mas que possa sê-lo por matemática simples, do tipo que podemos dominar em alguns anos de estudo árduo, isso é um mistério dentro de um enigma”.* (BARROW, 2007).

*“(...) A ciência se funda na crença de que o universo é algoritmicamente compressível, e a busca de uma Teoria de Tudo é a expressão máxima dessa crença”.* (BARROW, 2007).

Podemos retroceder ainda mais e examinarmos os mitos de criação presentes em variadas culturas, ao longo do tempo. Não seria absurdo afirmar que:

*“Todas essas fórmulas para lidar com a existência do mundo contentam-se em estabelecer uma causa inicial, além da qual não se buscarão explicações. A causa é simples na medida em que é singular, ao passo que o mundo da experiência é atordoantemente plural. Essas especulações fantásticas diferem de qualquer tentativa científica moderna de abordar a origem das coisas porque vêm um propósito final como parte da motivação ou do modo inicial da criação. Tem, no entanto, um aspecto em comum com os esforços modernos de compreender o universo. Todas começam com uma tentativa de explicar tudo o que vemos à nossa volta e descobrem que essa busca conduz inexoravelmente a uma questão última: como o universo se originou? Hoje, a verdadeira meta da procura de uma Teoria de Tudo não é só compreender a estrutura de todas as formas de matéria que encontramos à nossa volta, mas compreender por que, afinal de contas, existe matéria, tentar mostrar que tanto a existência como a estrutura particular do universo físico podem ser entendidas, descobrir se, nas palavras de Einstein, ‘Deus*

*teria podido fazer o universo de uma outra maneira; isto é, se a necessidade da simplicidade lógica deixa alguma liberdade’.* (BARROW, 2007).

Nessa tese, buscamos responder se a premissa que tomamos como base, a de que as visões de mundo de cientistas são de fato impregnadas de princípios e concepções diversos, não sendo jamais neutras, mas fruto de visões dogmáticas, subjetivas e reflexos de determinados contextos. Além disso, também buscamos verificar se a metodologia que propomos para isso, através da utilização da Análise de Discurso, é de fato adequada para essa verificação.

Essa tese está estruturada em seis capítulos e um apêndice.

No primeiro capítulo, buscamos apresentar um panorama do que pode ser considerado o caminhar em busca da “grande unificação”, que consiste, em tese, em procurar dar conta em uma mesma teoria, da explicação para todos os fenômenos físicos da natureza, então considerados processos distintos. Buscamos trazer uma visão mais detalhada do processo percorrido pela ciência ocidental nessa busca, traçando episódios da construção do conhecimento científico que podem ser considerados os principais “marcos unificadores”.

No segundo capítulo, partimos da premissa de que há uma estreita relação entre essas buscas por uma Teoria de Tudo e a visão de mundo dos que sustentam suas ideias no princípio da unicidade. Outros princípios que discorreremos e que são considerados quando dessa busca foram: o da crença na existência de uma lógica; na simetria, na beleza e elegância, como um guia para a formulação de teorias corretas; na existência de um “sentido”; na ordem; na existência de leis e de que está autorizada a investigação da natureza para encontrar essas leis.

No terceiro capítulo, apresentamos o estado da arte das teorias candidatas a uma Teoria de Tudo. Atualmente, a Teoria das Cordas, a Teoria-M e a Gravitação Quântica em Loop são as principais candidatas a uma teoria de tudo. Iniciamos a discussão apresentando um panorama histórico dessas teorias tomando como marco inicial o ano de 1968, quando Gabriele Veneziano, ao buscar por um longo ano de trabalho um conjunto de equações que explicasse a força nuclear forte, deparou-se com uma equação de Leonhard Euler e percebeu que uma equação deste, de 200 anos atrás, encaixava-se necessariamente à tão buscada descrição dessa força. Caminhamos pelo processo histórico dessa procura até chegarmos à

teoria apresentada por Ed Witten, a Teoria-M, de 1995, considerada a maior candidata à Teoria de Tudo. Em seguida, partimos para uma breve apresentação dessas teorias. Por fim, apresentamos um levantamento de ideias que consideram ou não o trabalho de teóricos das cordas e ideias correlatas como Física de fato, dada sua inviabilidade, aos olhos de muitos, de verificação experimental. Essa é, por exemplo, a opinião de Sheldon Lee Glashow, um dos “unificadores” da força eletrofraca.

No quarto capítulo, buscamos enfrentar a questão de como está sendo apresentada por cientistas e pensadores da atualidade a relação entre a busca por uma Teoria de Tudo e o Teorema de Gödel. Após uma explanação sobre o que são os “sonhos de Einstein e Hilbert”, apresentamos uma breve discussão sobre qual é o papel da Matemática na descrição da natureza. Partimos, então, para um comentário geral sobre o Teorema de Gödel. Em seguida, colocamos, a partir da óptica de físicos e matemáticos proeminentes, se o Teorema de Gödel possui ou não relação com a possibilidade de chegar-se a uma TOE. Dentro do escopo dessa análise, ousamos discorrer sobre nossa visão sobre a existência ou não dessa relação.

No quinto capítulo, apresentamos uma breve discussão sobre a metodologia de Análise do Discurso, onde nosso principal referencial foi James Paul Gee, seguida dos resultados da análise de cinco textos escritos por cientistas e pensadores.

No sexto capítulo, após apresentar as sete categorias criadas para a análise, relacionadas aos princípios e concepções elencados, apresentamos as convergências e divergências entre os discursos que foram analisados no capítulo anterior.

No Apêndice, apresentamos os cinco textos escolhidos, em sua íntegra, com as marcações dos trechos em que foram identificados os princípios e concepções trazidos à discussão nessa pesquisa, além de uma breve apresentação do autor e da obra em que foram selecionados.

Enfim, o que buscamos é, principalmente, através da Análise do Discurso, contribuir com uma metodologia de “aprimoramento do olhar”, identificando se os princípios e concepções apresentados no capítulo 2, estão presentes nas visões de mundo dos autores dos textos. Afinal, consideramos a ciência como uma construção humana, fruto de visões de mundo presentes em um contexto sócio-econômico e

cultural específico. Nessa linha, pensamos que é fundamental trazer discussões que contribuam para a tomada de consciência por parte dos atores principais da construção do conhecimento científico atual do quanto suas visões de mundo são impregnadas de princípios e concepções diversos.

Vale dizer que denominamos de “pensamento científico atual sobre unificação” ao conjunto de ideias levantadas por essa pesquisadora, referentes aos temas aqui abordados, levando em conta a visão de cientistas proeminentes que pesquisam sobre o tema. Mas, é relevante dizer que, qualquer seleção envolve grande dose de subjetividade e qualquer escolha é apenas um recorte de um universo muito maior. Talvez, por isso, se as escolhas aqui apresentadas fossem outras, tanto quanto às fontes bibliográficas utilizadas, como quanto aos textos selecionados, poderíamos talvez estar chegando a outras conclusões. Por isso, é importante que seja registrado sempre a relatividade das conclusões alcançadas por uma pesquisa, mesmo sendo frustrante para pesquisadores que perseguem temáticas como uma “Teoria de Tudo”. Entretanto, pensamos que a metodologia, o “olhar treinado”, o exercício de identificação de princípios e concepções presentes nas visões de mundo analisadas, pode ser considerada o maior legado dessa pesquisa.

# CAPÍTULO 1

## PANORAMA GERAL DAS UNIFICAÇÕES DA CIÊNCIA OCIDENTAL

*“Que o homem não una o que Deus separou”  
(Wolfgang Pauli)*

Pretende-se, nesse capítulo, traçar um panorama do que pode ser considerado o caminho para a “grande unificação”, que consiste em dar conta em uma mesma teoria, da explicação para todos os fenômenos físicos da natureza, então considerados processos distintos. Essa “grande unificação” é uma ideia poderosa perseguida por pensadores e cientistas, em especial pelos físicos ao longo da história do pensamento científico ocidental.

Procuramos trazer uma visão mais detalhada do processo percorrido pela ciência ocidental nessa busca, traçando episódios da construção do conhecimento científico que podem ser considerados os principais “marcos unificadores”: a simetria galileana, a unificação das gravitações terrestre e celeste, a unificação da eletricidade e do magnetismo, a unificação do eletromagnetismo com a óptica, a unificação do espaço e do tempo, a unificação da força eletromagnética com a força fraca. Antes, porém, realizaremos uma breve discussão sobre o pensamento dos monistas e também dos atomistas, no período grego pré-socrático, por considerar que, nas ideias apresentadas por esses pensadores, já existia uma raiz primitiva da ideia de unicidade.

## 1.1) A unicidade como princípio maior - Os Monistas

*“A Escola de Mileto caracterizou-se pelo monismo: havia um só elemento fundamental constituinte da matéria.” (ROSA, 2005)*

Começamos nossa pesquisa colocando como marco inicial o período pré-socrático, ocorrido em torno de 600 a.C. a 400 a.C. Nesse momento, a questão da constituição da matéria era uma das questões que mais mobilizavam os pensadores da época. Nessa questão, alguns filósofos sustentavam suas visões de mundo calcados na ideia de que só havia um elemento constituinte da matéria. Eram os denominados monistas. Pertenciam a essa escola: Tales, Anaximandro, Anaxímenes e Heráclito. Os que baseavam suas teorias no fato de a matéria ser constituída por mais de um elemento, denominavam-se pluralistas.

Os monistas caracterizavam a denominada Escola de Mileto, que foi fundada por Tales.

Entendemos que os monistas sustentam suas especulações a respeito da constituição da matéria no pressuposto da unicidade. Afinal, que outro princípio ou concepção fundamentaria uma proposta de explicar “tudo” que existe do ponto de vista material tomando por base um único elemento?

Conforme ratifica Weinberg (1993),

*“The dream of a final theory did not start in the twentieth century. It may be traced in the West back to a school that flourished a century before the birth of Socrates in the Greek town of Miletus, where the Meander River empties into the Aegean Sea. We do not really know much about what the pre-Socratics taught, but later accounts and the few original fragments that survive suggest that the Milesians were already searching for explanations of all natural phenomena in terms of a fundamental constituent of matter. For Thales, the first of these Milesians, the fundamental substance was water; for Anaximenes, the last of this school, it was air”. (WEINBERG, 1993)*

Para Tales, a substância primordial era a água.

*“[Tales] refletiu sobre a natureza do mundo e concluiu que a água era o constituinte básico de todas as coisas. Ele acreditava que a Terra fosse um disco plano boiando na água. Hoje isso pode parecer simples e ingênuo, mas, para quem tivesse viajado*

*pelo Egito e visto sua terra estéril trazida a vida pelas inundações do Nilo, tal crença poderia ser uma coisa lógica e racional. Contudo, era mais que isso. Pois Tales não lançava mão de nenhum deus responsável pela fertilidade da terra, mas procurava encontrar uma explicação física natural.”. (RONAN, 2001, pág.70).*

Além disso, segundo ROSA (2001), um outro aspecto que teria influenciado Tales seria a percepção da umidade dos alimentos, assim como a necessidade de água para que uma semente germine, além do fato de sair água de um cadáver, que está em processo de necrose.

Já Anaximandro criticou a teoria cosmológica de Tales. Não via sentido na substância primordial ser a água por uma razão simples: se a água é uma das formas da matéria que nos cerca, ela não podia ser a essência da matéria. Afinal, está no mesmo plano de outras substâncias. Por isso, propunha a existência do “apeiron”, o Ilimitado.

*“Anaximandro intitula [a matéria original] de o Ilimitado, uma reserva infinita de material que se estende em todas as direções. Dele surge o mundo e a ele retornará no final”. (RUSSEL, 2003, pág.30).*

*“The Greek word ‘peras’ is usually translated as ‘limit’ or ‘bound’. ‘To apeiron’ denotes that which has no peras, the unlimited or unbounded: the infinite.*

*To apeiron made its first significant appearance in early Greek thought with Anaximander of Miletus (...). Its role was very different from what it tends to play in modern thought. It was introduced in response to what was then (and has remained) a basic intellectual challenge: to identify the stuff of which all things are made. What, as the Greeks would have put it, is the ‘principle’ of all things? Thales had earlier proposed that it is water. (...) So Anaximander’s proposal was that the primal substance of which all things are made is to apeiron. This he conceived as something neutral, the boundless, imperishable, ultimate source of all things.” (MOORE, 2001).*

O próximo filósofo monista é Anaxímenes. Para esse o ar era a substância primordial. Explicava que esse elemento, quando rarefeito em torno de nós, não nos permitia vê-lo, mas quando condensado, virava água. E, quando aquecido, virava fogo.

*“[Anaxímenes] usou a palavra ‘ar’ também para a substância fundamental, pois, como ar verdadeiro, estava em todos os lugares, penetrando em tudo. A respiração era identificada com a alma – ponto de vista que parecer ter sido comum a muitas civilizações primitivas -, e era a alma, a respiração, que mantinha unido o corpo físico do homem. Além disso, Anaxímenes, acreditava que toda a criação, todo o cosmo respirava, e assim, a respiração era a alma de todas as coisas”. (RONAN, 2001, pág.72).*

Finalmente, Heráclito, considerava o fogo, a substância fundamental. Era crítico voraz de outros filósofos, inclusive questionando a inteligência deles. Para ele, o fogo virava água ao se liquefazer, virava terra ao se solidificar e extinguir-se. Os elementos fogo, água e terra constantemente transformavam-se uns nos outros e, segundo ROSA (2005).

*“havia princípios estéticos e morais nessas transformações – justiça e harmonia. Fogo , água e terra estariam assim e oposição, se aniquilando um ao outro, mas em uma harmonia que perpetua o mundo, conservando a quantidade total da matéria existente no universo, em uma simetria dinâmica muito a gosto das que pontificam a física atual” . (ROSA, 2005, pág. 61).*

## 1.2) O Atomismo

*“A ‘physis’ dos atomistas era o átomo e o vácuo. Tudo o que existe é formado por átomos (...)” (ROSA, 2005, pág. 63)*

Nessa seleção que fazemos dos conceitos e teorias que se sustentam no princípio da unicidade, não poderíamos deixar de incluir o atomismo, que tem seus primórdios com Leucipo e Demócrito. Afinal, poderíamos arriscar ser o conceito de átomo o mais poderoso paradigma que sustenta a visão científica atual. Se o modelo do que é o átomo, que tem suas origens do atomismo grego, modificou-se ao longo do tempo, o conceito do átomo como sendo o pilar do que é a matéria perpassa toda a história do conhecimento, sendo aceito por alguns ao longo do tempo, negado por outros e, finalmente tornando-se a base que sustenta a Física a partir do século XIX.

Portanto, entendemos que o átomo, concebido por muitos desde o período pré-socrático como o constituinte de “tudo”, é um conceito que se sustenta

na ideia de unicidade, pois tudo que existe seria, para os atomistas, formado por esses elementos.

Se hoje entendemos a entidade que denominamos átomo como dotado de estrutura, portanto constituído por partículas ainda mais elementares, a ideia original é que eram indivisíveis, completamente sólidos, idênticos entre si e não se transformavam.

Para os atomistas,

*“Tudo o que vemos ao nosso redor é composto de átomo e vácuo: assim deve ser, pois nada mais existe. As substâncias diferem entre si porque seus átomos diferem, seja na forma, seja no modo como são arranjados. Ademais, os átomos podem estar bastante perto para se tocarem, originando um denso e rígido material, ou podem estar afastados a uma certa distância, quando teremos um material macio e maleável.”* (RONAN, 2001, pág. 85).

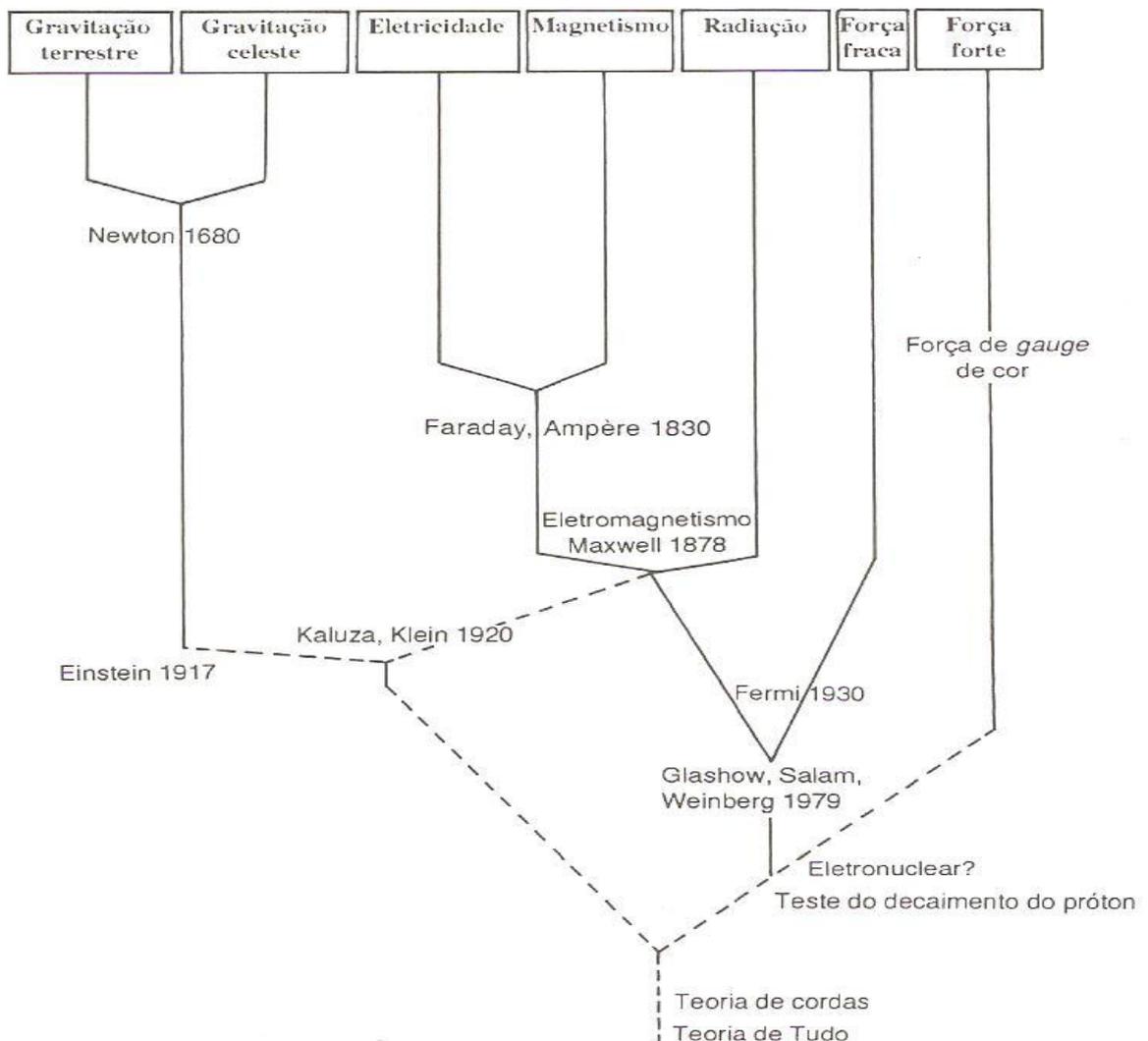
Por fim, vale lembrar que a unicidade aparece também embutida no conceito de “primeiro movente” de Aristóteles. Para este, o primeiro movente, uno e eterno, é a causa original por tudo que se move, de todos os movimentos do Universo;

### 1.3) As Grandes Unificações

Após relacionarmos a ideia de unicidade às visões de mundo calcadas na suposição de que só havia um elemento constituinte da matéria, associamo-la ao atomismo, por considerarmos que esse conceito, ainda como hipótese, também seria o fundamento de tudo que existe na natureza.

A partir de agora, exploraremos os episódios históricos da Ciência considerados pelos pesquisadores como marcos unificadores. O referencial adotado foi o apresentado no livro de Abdus Salam, Steven Weinberg e Paul Dirac, “A unificação das forças fundamentais”. O quadro abaixo apresenta uma síntese desses episódios.

QUADRO 1 – Unificações ao Longo da História



Quadro extraído de SALAM, A.; HEISENBERG, W.; DIRAC, P.A.M.; *A unificação das forças fundamentais*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 1993, pág. 14.

#### 1.4) Primeira Unificação: A simetria galileana

*“Visando confirmar a teoria heliocêntrica de Copérnico contra o geocentrismo de Ptolomeu, ele descobriu os satélites de Júpiter com uma luneta por ele construída”.*  
(ROSA, 2005, pág. 184)

Consideraremos o primeiro deles o momento em que Galileu Galilei usou seu telescópio para observar as sombras projetadas por montanhas na Lua. Nas noites de 4 a 15 de janeiro de 1610, Galileu fez observações que mudariam para sempre os rumos da história do conhecimento.

*“Ao ver as montanhas na superfície da Lua, Galileu percebeu que havia semelhanças entre a Terra e a Lua. Além disso, os satélites de Júpiter indicavam que esse planeta era o centro de um pequeno sistema e que não estava preso a nenhuma esfera de cristal, como se acreditava na época. O mundo supralunar apresentava-se aos olhos de Galileu tão mutável e imperfeito quanto a Terra. A luneta fornecia uma forte comprovação de que Aristóteles estava errado”.* (GUERRA et al, 1997).

Além disso, Galileu percebeu a relação direta entre as sombras projetadas pelas montanhas da Lua com as sombras na Terra projetadas pelo Sol. Com isso, verificou a igualdade das leis de projeção na Terra e na Lua. Esses fatores levaram à primeira afirmação da possibilidade da universalidade das leis físicas. Esse princípio fundamental é hoje conhecido como “simetria galileana”.

#### 1.5) Segunda Unificação: Unindo o céu e a Terra

*“Newton desenvolve sua mecânica, **unificando** em uma só teoria a explicação do movimento dos corpos na Terra e dos planetas, quebrando a separação de Aristóteles entre o Céu e a Terra. Essa **unificação** se dá pelas leis do movimento e pela lei da gravitação capazes de explicar as órbitas planetárias e a queda dos corpos”* (ROSA, 2005, pág. 133)

Agora exploraremos o que aqui denominamos de Segunda Unificação.

Até a segunda década do século XVII, prevalecia a visão aristotélica do mundo. Como sabemos, Aristóteles dividia o mundo físico em duas partes bem distintas. A física do céu, onde o movimento natural era circular e eterno, era separada da física da Terra, onde o movimento natural era retilíneo (queda livre dos corpos). Vale ressaltar que essa visão perdurou por vinte e um séculos.

Pois bem, no século XVII, homens como Hooke, Huygens, Halley, Leibniz, trabalhavam intensamente na busca de uma explicação para os fenômenos celestes.

Hooke, em 1674, afirmou que “Todos os corpos celestes sem exceção exercem um poder de atração ou gravidade” e propôs a questão da variação da intensidade dessa atração ocorrer na proporção inversa do quadrado da distância.

Huygens, em 1673, contribuiu com a explicação do porque a trajetória desses movimentos eram circulares.

Já Leibniz, em 1689, une essas ideias, contribuindo com o conceito de força centrífuga para os corpos celestes que sofriam atração do Sol, mas não chegou à ideia de força gravitacional, tendo explicado que um impulso no éter, substância no qual tudo estava mergulhado, era responsável pelo movimento dos planetas.

Halley, em 1684, chega muito perto, relacionando a lei de Kepler, que afirmava que os quadrados dos períodos do movimento dos corpos celestes era proporcional ao cubo do diâmetro da órbita, com a possibilidade da força de atração entre os corpos do céu cair com o quadrado da distância e crescer proporcionalmente às massas envolvidas.

Isaac Newton, porém, propõe, e publica, o que não ocorreu com os outros, seus resultados em 1686. Sua teoria, porém era de uma envergadura incomparável.

A origem de suas ideias remete a um fato descrito pelo primeiro biógrafo de Newton, William Sukeley, que relata que ouviu do próprio Newton a queda da maçã como o ponto de partida para relacionar a força responsável por essa queda com a que permitia à Lua orbitar em torno da Terra. Sendo verdade ou não o papel da maçã nessa história, o que não tem de fato nenhuma relevância, o que importa é que Newton presumiu que a Lua “caía na Terra” devido a uma interação idêntica à que fazia os corpos caírem na superfície do planeta.

Newton levou 20 anos para publicar os seus “Philosophiae Naturalis Principia Mathematica”. Esse foi o tempo que levou para superar um desacordo entre o valor que encontrava para a força necessária para manter a Lua em órbita da Terra e o da

força de atração desta sobre aquela. Esse desajuste devia-se à imprecisão das informações que usava sobre as dimensões da Terra. Com a publicação de dados mais precisos, o problema foi superado.

Devido ao fato de ter imaginado que a força gravitacional emanaria do centro dos corpos, e não da superfície, observou a relação entre as distâncias centro da Terra-maçã e centro da Terra-centro da Lua, de razão 60, com a intensidade da gravidade sofrida pela maçã e pela Lua, na razão de 60 ao quadrado, ou seja, 3.600. Essas suposições levaram ao cálculo com sucesso da órbita da Lua.

*“A elaboração matemática de tudo isso confirmou a magnífica intuição de Newton de que a mesma força que puxa a maçã para baixo, puxa a Lua. Em seguida, ele deu mais um passo gigantesco ao pressupor que aqueles mesmos princípios matemáticos se aplicavam a todos os corpos – planetas, luas ou asteróides – no universo. De fato, Newton tomara o quadro geral do universo de Descartes e o tornara rigorosamente matemático e preciso. Havia feito nada menos que construir a primeira síntese moderna sobre o universo físico”. (BRENNAN, 1998, pág. 37).*

## **1.6) Terceira Unificação: A Eletricidade e o Magnetismo**

Em torno de 1820, a eletricidade e o magnetismo eram conhecidos como fenômenos não relacionados e completamente distintos. Faraday e Ampère, acabaram por unificá-los como resultado de uma única força, a força eletromagnética. Observaram que cargas elétricas em movimento produziam efeito sobre uma agulha magnética próxima. Isso era muito instigante, pois o movimento é relativo. A partir dessas pesquisas passou-se a considerar que, o que distingue a eletricidade e o magnetismo era uma questão do observador, dependendo da carga elétrica estar ou não em movimento. Em seguida, a percepção de que a variação do fluxo do campo magnético, em uma área delimitada por uma espira construída por um fio condutor, levava ao aparecimento, nesse fio, de uma corrente elétrica completou essa unificação.

*“A unificação das duas forças fundamentais antes dissociadas da eletricidade e do magnetismo foi a base da tecnologia da corrente elétrica do século XIX, que usava, para gerar correntes, a rotação de uma bobina entre os dois pólos de um magneto. Essa foi a base dos motores elétricos e dos dínamos elétricos que levaram às usinas de energia elétrica. Essas foram tornadas possíveis pela notável união de duas forças diversas da natureza. Não me parece que com tentativas improvisadas teria sido jamais possível gerar a base quantitativa desse desenvolvimento”. (SALAM, 1993, pág. 15).*

### **1.7) Quarta Unificação: A Unificação do Eletromagnetismo com a Óptica**

Cerca de cinquenta anos mais tarde dos trabalhos de Faraday e Ampère, Maxwell apresentou um trabalho ímpar, que afirmava que uma carga elétrica acelerada emite radiação eletromagnética e que essa radiação propagava-se com a velocidade da luz. Essa velocidade foi obtida teoricamente a partir de duas constantes conhecidas no eletromagnetismo: as permeabilidades magnética e elétrica do vácuo para, em seguida, ser verificada experimentalmente usando uma aparelhagem bastante simples.

Vale ressaltar que essa unificação espetacular, deu a base para a tecnologia que transformou o século XX: a das telecomunicações, os raios X, as microondas, entre outras.

### **1.8) Quinta Unificação: Einstein e Unificação do Espaço e do Tempo**

Pode-se atribuir a Einstein, sem deixar de levar em conta antecessores que contribuíram muito para suas ideias, vários trabalhos unificadores. Um dos mais brilhantes é a Teoria da Relatividade Restrita, apresentada em 1905, que coloca no mesmo plano o espaço e o tempo, através da proposta de que corpos cuja velocidade está próxima à da luz sofrem dilatação do tempo, sob a ótica de um observador estacionário, além de sofrerem contração do espaço percorrido.

Mais tarde, com a sua Teoria da Relatividade Geral, Einstein apresenta a ideia da geometrização da física, através da afirmação de que o fenômeno da gravidade era mera consequência da curvatura do espaço-tempo. Era uma ideia revolucionária, a medida que relacionava um fenômeno físico a um conceito geométrico: o de curvatura, no caso. Entretanto, vale ressaltar que um século antes,

Gauss já havia intuído esse fato, o de que o espaço era curvo, chegando a realizar experimentos para verificar essa ideia. Seus experimentos, voltados para medir os ângulos entre raios de luz refletidos por estações de observação situadas no alto de três montanhas buscavam provar que os ângulos internos dos triângulos obtidos apresentassem soma distinta de  $180^\circ$ . Essa verificação levaria à conclusão da curvatura do espaço. Hoje sabemos que Gauss só não foi bem sucedido por ter levado em conta distâncias tão menores que as necessárias para essa constatação, que necessitam de valores na ordem de grandeza das distâncias estelares.

A partir do sucesso da Teoria da Relatividade Geral, Einstein partiu para a busca de uma teoria que unificasse a gravidade e o eletromagnetismo, as interações conhecidas naquele momento. Dedicou os últimos anos de sua vida, de 1925 a 1955, à busca dessa conquista, mas a luta foi em vão. Até hoje, a interação gravitacional continua sendo o maior enigma na busca por uma Teoria de Tudo.

### **1.9) Sexta Unificação: Força eletromagnética e força fraca (a força eletrofraca)**

Após um período de interrupção na busca de uma Teoria Unificada, com a chegada das forças fraca e forte ao cenário das interações fundamentais, em 1967, Sheldon Glashow, Steven Weinberg, e Abdus Salam unificaram as forças fraca e eletromagnética. Entretanto, as forças forte e eletrofraca ainda não estão unificadas. E a gravidade, continua desafiando as mentes mais preparadas e empenhadas. Trataremos dessa discussão em momento posterior.

Por fim, apesar de não considerarmos aqui, ante o referencial adotado, vale lembrar a unificação apresentada no trabalho de Paul Dirac em 1927, da mecânica quântica com a relatividade restrita, originando a Teoria Quântica de Campos e prevendo a antimatéria.

## CAPÍTULO 2

### VISÕES DE MUNDO, CONCEPÇÕES, PRINCÍPIOS, CRENÇAS QUE SUSTENTAM A BUSCA POR UMA TOE

*“Quanto mais o homem investiga as leis que regulam o universo material, mais se convence de que todas as suas variadas formas surgem da ação de uns poucos princípios simples.”*  
(John Barrow)

*“ Antes de deparar com o absurdo, o homem cotidiano vive com objetivos (...). Ainda acredita que alguma coisa da sua vida pode ser manobrada. Na verdade, ele age como se fosse livre, ainda que todos os fatos se encarreguem de contradizer essa liberdade. Após o absurdo, tudo se acha abalado. Essa idéia de que "eu sou", minha maneira de agir como se tudo tivesse um sentido (mesmo se eu dissesse, no momento, que nada o tinha), tudo isso se encontra desmentido de uma forma vertiginosa pela incoerência de uma morte possível. Pensar no dia de amanhã, firmar um objetivo, ter preferências, tudo isso pressupõe a crença na liberdade, mesmo se às vezes nos convencemos de não a sentir efetivamente. Nesse instante, porém, essa liberdade superior, essa liberdade de ser que é a única a poder fundamentar uma verdade, sei muito bem, agora, que ela não existe. A morte está ali como única realidade. Depois dela, a sorte está lançada. Não sou mais livre para me perpetuar, mas escravo, e escravo, sobretudo, sem esperança de revolução eterna, sem refúgio no desprezo. E quem, sem revolução e sem desprezo, pode permanecer escravo? Que liberdade, no sentido pleno pode existir sem garantia de eternidade?*  
(Albert Camus)

Nesse capítulo, partiremos da premissa de que há uma estreita relação entre essas buscas por uma Teria de Tudo e a visão de mundo dos que sustentam suas ideias no princípio da unicidade, assim como em outros princípios e concepções. Ousaríamos afirmar que há profunda influência da tradição monoteísta predominante no Ocidente na questão que estamos apresentando aqui. É muito provável que essas crenças tenham papel preponderante na esperança pela conquista de uma Explicação Final.

Outros princípios que levantamos e que são considerados quando dessa busca seriam: o da crença na existência de uma lógica; na simetria, beleza, a elegância, como um guia para a formulação de teorias corretas; na existência de um “sentido”; na ordem; na existência de leis e de que está autorizada a investigação da natureza para encontrar essas leis.

Discorreremos sobre cada um desses princípios. A relevância de apresentar aqui o que entendemos sobre eles deve-se ao fato de que, quando da utilização da Análise de Discurso para elencá-los nos textos selecionados, de cientistas e pensadores proeminentes da atualidade, será necessária a maior clareza possível de seus significados.

## **2. 1 - Uma reflexão preliminar**

Iniciamos nossa reflexão principiológica trazendo uma questão que sugerimos seja o primeiro exercício necessário para dimensionarmos com a profundidade necessária a questão que abordaremos aqui:

*Sua percepção do universo aceitaria elementos e partes isolados, sem conexão com o todo restante e, ainda, que apresente um tipo de comportamento distinto das outras partes, obedecendo cada uma delas a leis distintas?*

Se a resposta for negativa e imediata, entendemos que se deve à pouca reflexão ou a uma visão profundamente arraigada de que “há algo maior”, “algo único, que conecta tudo que existe”. Por trás dessa visão, há um profundo senso religioso, mesmo que não espelhe as crenças de alguém ligado à religião, à uma figura divina. Explicamos: pode-se tentar entender o universo como algo plural, de

comportamentos desconectados e heterogêneos, com leis distintas para *locus* distintos. Não há nada que, em princípio, impediria tal concepção.

Porém, isso agride mesmo às pessoas menos religiosas, ou atéias. Conforme afirma BARROW (2007) “*o legado das grandes religiões monoteístas é a expectativa de uma explicação circular e superabrangente do universo*”.

Por isso, entendemos que a tradição monoteísta deve ser encarada como uma visão que permeia a busca dos seres humanos por caminhos unificadores. Ou seja, compõe nossa matriz epistemológica ocidental, independente de estar associada com uma prática religiosa ou não, ou a crença em divindades ou não.

Porém, vale refletir sobre as visões de mundo que cercam a História do pensamento científico mundial. Para Barrow (2007),

*“(...) Para alguns, o mundo era um organismo vivo crescendo e amadurecendo em direção a alguma grande e intencional culminância. Todos os seus constituintes continham imperativos inatos que os movia para trilhar os caminhos que lhes eram predestinados. Não obedeciam aos ditames de alguma ordem externa, e sim manifestavam suas propriedades imanentes. Os significados das coisas podiam ser buscados em seus fins, e não em seus estados atuais ou passados.*

*Para outros, o mundo era uma cidade cósmica, ordenada por leis e regras transcendentais impostas por um Ser Supremo. Além disso, era uma cidade murada, em que a ordem era preservada em nosso benefício. Para além das suas fronteiras reinavam o caos e o mal.*

*Em outras culturas, ideias bem diferentes dominaram. Não se imaginava legislador externo. Ele não era necessário. Em vez disso, todas as coisas pareciam trabalhar juntas, em harmonia, para compor o bem comum, por mútuo consentimento e interação. A ordem do mundo era vista como a da colônia de formigas, em que cada indivíduo tem o seu papel para produzir um todo coerente de interrelações. Seria uma resposta espontânea às exigências do sistema como um todo, e não o resultado inflexível das leis da Natureza eternas e imutáveis .”*  
(BARROW, 2007)

Portanto, seja um organismo vivo em constante evolução, seja um ente obediente às ordens de um Ser Supremo, seja um organismo único em harmonia, as culturas atuais tem suas raízes de pensamento em suas heranças religiosas. Vale,

porém, chamarmos atenção para a distinção entre a tradição ocidental judaico-cristã e a tradição oriental.

*“No Ocidente judaico-cristão, a influência do legislador divino predominou. As leis da natureza são os ditames de um Deus transcendente. Essas cultura sacralizam fé na existência de uma ordem subjacente às coisas. Autorizam a investigação da Natureza como uma atividade secular. Proscrevem os deuses da Natureza e os potenciais conflitos de legislação polígama no Universo.*

*No Extremo Oriente, em culturas como dos chineses antigos, dominava uma visão de estilo mais liberal, em que a Natureza operava de forma holística para produzir um equilíbrio harmonioso em que cada ingrediente interage com seus pares para produzir um todo, que é mais do que a soma das partes.”* (BARROW, 2007)

Muitos, com base nessa distinção, formam seu entendimento para a também distinta construção do conhecimento científico entre Ocidente e Oriente.

*“Não é difícil entender por que a perspectiva holística oriental dificultou tanto o progresso científico. Ela nega a intuição de que é possível estudar as partes do mundo de forma isolada do resto – de que se pode analisar o mundo - e conhecer uma parte sem conhecer o todo. Em termos modernos, a perspectiva ocidental concebeu a Natureza como um fenômeno linear em que aquilo que acontece em um determinado lugar e tempo é determinado exclusivamente pelo que ocorreu em lugares próximos, imediatamente antes. A visão holística assume a natureza como intrinsecamente não-linear, de forma que as influências não locais predominam e interagem com as outras para formar um todo complexo. Não é que a abordagem Oriental era equivocada. Foi simplesmente prematura. Só muito recentemente, auxiliado por versáteis computadores gráficos, os cientistas entraram em acordo com a descrição de sistemas não-lineares intrinsecamente complexos. Um estudo bem sucedido das leis naturais precisa começar com os problemas lineares simples – só assim pode avançar gradativamente até as complexidades holísticas da não-linearidade.”* (BARROW, 2007)

## 2. 2 - Em princípio, os princípios....

Iniciaremos agora a elencar uma lista de princípios ou concepções que entendemos sustentarem as buscas por unificações. É importante que percebamos que são visões de mundo extremamente arraigadas na nossa percepção das coisas. No nosso entendimento, a melhor forma de atribuir uma dimensão de o quanto nossa visão de mundo está impregnada desses princípios, é exercitar o pensar na nossa visão do mundo norteadas pelo princípio oposto ao que apresentamos a seguir. Consideramos um exercício interessante, dado que, aquilo que estamos de fato impregnados, faz parte da nossa leitura de mundo, nos sustenta em nossas concepções, em geral não percebemos. Entretanto, buscar a imagem do contraditório, e as consequências de aceitá-lo como premissa, aponta, com frequência, ao pensador, o quanto o princípio em teste sustenta a percepção das coisas de quem está refletindo a respeito.

### 2.2.1 - 1º princípio: princípio da unicidade

Um dos pressupostos que partimos é que há uma estreita relação entre essas buscas por uma Teoria de Tudo e a visão de mundo dos que sustentam suas ideias no princípio da unicidade.

Segundo o Dicionário Aurélio, unicidade é “*o estado ou qualidade do que é único*”. Portanto, entendemos aqui que uma busca por unificações ou, mais atualmente, por uma Teoria de Tudo, demanda que há um “uno”, um conceito abstrato (aqui sem nenhum compromisso de associação com uma divindade) padronizando e garantindo um padrão de coesão para o comportamento da natureza, das suas leis de funcionamento, em todo o universo.

Ou seja, unicidade no sentido de “*explicação singular*”, que tornam todas as partes da natureza e do universo possuidoras de comportamentos relacionáveis entre si.

Como afirmamos, não necessariamente “*tem de ser assim*”. Podemos imaginar comportamentos distintos para fenômenos similares que podem ser regidos por leis diferentes em pontos distintos do universo, assim como o elemento desse mesmo universo poderia apresentar comportamentos aleatórios e desconectados entre si todo o tempo.

Se fizermos um retorno através do tempo histórico, poderíamos chegar até o momento em que os antigos usavam os mitos para explicarem o mundo e, tentar, daí, identificar a presença do princípio da unicidade nesses mitos. Sem dúvida, uma tarefa e tanto, dado que o padrão de explicação mitológica consistia em uma pluralidade de divindades, muitas delas associadas ao controle de fenômenos naturais.

Olhando inclusive para mitos de culturas recentes, poderíamos procurar identificar essa ideia de “uno”. Por exemplo, os tupi-guaranis possuem uma explicação mítica voltada para espantar o terror que lhes causava, assim como a muitas civilizações desde os tempos mais remotos, os eclipses.

*Um dos mitos tupi-guarani sobre o fenômeno relata que a onça (xivi, em guarani) sempre persegue os irmãos Sol e Lua. Na ocasião do eclipse solar (kuaray onheama) ou do lunar (jaxy onheama), os indígenas fazem a maior algazarra, com o objetivo de espantar a Onça Celeste, pois acreditam que o fim do mundo ocorrerá quando a ela devorar a Lua, o Sol e os outros astros, fazendo com que a Terra caia na mais completa escuridão. No céu, a cabeça da onça desse mito indígena é representada pela estrela vermelha Antares, da constelação zodiacal do Escorpião, e pela estrela Aldebaran, também vermelha, da constelação zodiacal do Touro. Essas duas constelações ficam no zodíaco onde, observados da Terra, passam o Sol, os planetas e a Lua. Assim, de fato, pelo menos uma noite por mês e um dia por ano, a Lua e o Sol, respectivamente, aproximam-se de Antares e de Aldebaran. (SCIAM BRASIL, 2006)*

Essa explicação mítica é uma explicação eficiente para o fenômeno, e, estando ou não próxima da que denominamos de “científica” na cultura ocidental contemporânea, apresenta, em sua concepção um entendimento de que há um comportamento padrão, uma regra única, para justificar e controlar o fenômeno dos eclipses, além de completa. E, pensemos, nada implicaria em que *a priori* a explicação deveria ser dotada desse padrão, dessa única forma de justificar, e mesmo acreditar-se controlar, o comportamento do que se observava no céu. Poderíamos encontrar entes distintos regendo o comportamento dos eclipses para os tupi-guaranis, comportando-se, em cada momento, de forma distinta e aleatória. Mas não é assim que ocorre, nem aqui, nem em muitos mitos ao longo da história.

As diversas culturas buscam sustentar suas visões de mundo, em geral, dotada de uma certa, senão unicidade, de unidade de comportamento.

Poderíamos buscar levar em conta a “força explicativa” de uma justificativa mítica ou “científica”. Para Barrow (2007),

*Nossas tentativas atuais de explicar todas as coisas no âmbito de um quadro científico abrangente diferem das antigas explicações especulativas em certos aspectos sutis. Para os antigos, era apenas a amplitude que consistia a marca de qualidade de suas Teorias de Tudo. Para nós, o que conta é a amplitude e a profundidade. (...). A debilidade das Teorias de Tudo mitológicas desempenha um papel-chave em sua estrutura e evolução. Uma explicação, quando é frágil, carece de poder explicativo. Em consequência, cada novo fato descoberto exige um novo ingrediente que permita integrá-lo à tapeçaria preexistente. Nada expressa isso mais claramente que a proliferação de divindades na maioria das culturas antigas. (BARROW, 2007).*

Essa questão das divindades múltiplas na maioria das culturas antigas merece uma breve reflexão. Sem dúvida, múltiplos deuses tendem a levar a múltiplas leis e gerar, por isso, múltiplos conflitos.

Vejamos, por exemplo, os deuses gregos,

*... não vemos muito evidente ali a noção de um legislador cósmico todo poderoso. Os eventos são decididos por negociação, fraude ou discussão, não por decreto onipotente. (BARROW, 2007).*

Em suma, a ideia de unicidade parece não caminhar tão bem em um contexto politeísta.

### **2.2.2 - 2º princípio: princípio da simetria, da beleza, da elegância, como um guia para a formulação de teorias corretas**

Etmologicamente, a palavra “simetria”, significa “mesma medida”. Segundo Richard Feynman (1965),

*“O professor Weyl, o matemático, deu uma excelente definição de simetria, afirmando que uma coisa é simétrica se tem algo que você pode fazer com ela de modo que, depois de finalizado, ela parece a mesma que parecia antes. Esse é o sentido que afirmamos quanto às leis da física serem simétricas, que podemos fazer coisas com as leis da física, ou na nossa forma de representar as leis da física, que não fariam diferença, e deixaria tudo inalterado em seus efeitos.” (FEYNMAN, 1965)*

Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984), físico britânico, afirmava que uma bela teoria não precisa ser abandonada apenas porque não passa numa prova inicial. Dirac não negava a importância dos resultados empíricos, apenas considerava que se a observação não confirmar uma teoria, deveria-se esperar e investir-se mais, de modo a identificar se não houve erro na observação até o momento.

Essa posição veio à tona devido à resistência de Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger (1887-1961), físico teórico austríaco, em publicar seu belo trabalho junto às equações da Mecânica Quântica, apenas porque, dada a beleza, *ainda* apresentavam conflito junto à comprovação experimental, tendo por certo que seria uma questão de tempo.

*“Schrodinger discovered the equation simply by looking for an equation with mathematical beauty. When the equation was first discovered, people saw that it fitted in certain ways, but the general principles according to which one should apply it were worked out only some two or three years later. It may well be that the next advance in physics will come about along these lines: people first discovering the equations and then needing a few years of development in order to find the physical ideas behind the equations. My own belief is that this is a more likely line of progress than trying to guess at physical pictures.” (DIRAC, 1963).*

Dirac também chama atenção para a transição da “simplicidade” para a “beleza” como guia para encontrar teorias científicas mais adequadas.

*“The dominating idea in this application of mathematics to physics is that the equations representing the laws of motion should be of a simple form. The whole success of the scheme is due to the fact that equations of simple form do seem to work. The physicist is thus provided with a principle of simplicity, which he can use as an instrument of research.*

(...)

*What makes the theory of relativity so acceptable to physicists in spite of its going against the principle of simplicity is its great mathematical beauty. This is a quality which cannot be defined, any more than beauty in art can be defined, but which people who study mathematics usually have no difficulty in appreciating. The theory of relativity introduced mathematical beauty to an unprecedented extent into the description of Nature.*

(...)

*We now see that we have to change the principle of simplicity into a principle of mathematical beauty.” (DIRAC, 1939)*

Para Dirac, uma teoria tinha que apresentar beleza, simetria e elegância. Para ele, e para muitos físicos e matemáticos, esses elementos servem de guia de seleção entre teorias possíveis, assim como um indicador de que, se um desenvolvimento teórico foge muito desses aspectos, há sinais de que algo está errado.

*“Há razão para otimismo no fato peculiar de que o progresso na física é muitas vezes guiado por julgamentos que podem ser chamados de estética. Isso é muito estranho. Por que devia um físico sentir que uma teoria é mais bonita do que outra para servir como um guia útil na investigação científica? Há várias razões possíveis para isso, mas uma delas é especial para a física de partículas elementares: a beleza em nossas teorias atuais pode ser ‘apenas um sonho’ do tipo de beleza que nos espera na teoria final.” (WEINBERG, 1993)*

A questão da simetria em teorias sobre o comportamento da natureza surge fortemente quando se observa que esse pode ser descrito com frequência em termos de quantidades invariantes, ou seja, quantidades mensuráveis que permanecem inalteradas sobre determinadas transformações. De fato, é bastante inquietante que as leis que descrevem movimentos e mudanças na natureza possam estar baseadas por quantidades que permanecem constantes. Essa questão aponta para uma forte presença de simetria na forma como a natureza se comporta.

*“Cada uma das leis físicas mais básicas que conhecemos corresponde a uma invariância, que por sua vez é equivalente a*

*um conjunto de mudanças que formam um grupo de simetria. Um grupo de simetria descreve todas as variações que podem ser formadas a partir de um padrão inicial enquanto permanece alguma grandeza subjacente inalterada.” (BARROW, 2007)*

Eugene Paul Wigner (1902-1995) físico húngaro, afirmou que “as leis da natureza não poderiam existir sem Princípios de Invariância, e a invariância é a assinatura da simetria”.

No processo de busca por uma “teoria unificada”, a questão da simetria aparece fortemente e sustenta os fundamentos que convergem para as teorias candidatas a “Teorias de Tudo”.

## 2. 2. 2 - 3º princípio: princípio da crença na existência de uma lógica

*“A ciência é uma equação diferencial, A religião é uma condição de contorno.”*  
(Alan Turing)

Nessa pesquisa, ao tratarmos do Princípio da Lógica, não discorreremos sobre as variações e possibilidades das Lógicas existentes. Seria enriquecedor levar em conta as diversidades de Lógica que podemos contar. Porém, apenas em prol da objetividade, consideraremos aqui apenas a estrutura da Lógica denominada "Lógica Clássica", que se baseia nos princípios básicos do terceiro excluído, da não-contradição e da identidade.

Alguns defendem uma equivalência entre Física e Lógica Matemática, na linha de que as condições iniciais na Física fazem o mesmo papel que os axiomas na Matemática, assim como as leis da Natureza fariam o papel das regras da Lógica.

Mas, o cerne da questão aqui é o nível de liberdade que se tem em escolher axiomas. Explicamos: até o século passado, o guia para a escolha de axiomas era a coerência com o que a experiência trazia da observação do mundo.

*“Euclides e a maioria dos outros matemáticos anteriores ao século XIX sabiam que essa coerência lógica era essencial em qualquer escolha de axiomas, mas tinham forte tendência a escolher , para seu trabalho, axiomas que espelhavam o modo como o mundo era observado.”* (BARROW, 2007)

Porém, “matemáticos mais recentes não se sentiram tão constrangidos assim e exigiram apenas coerência em suas listas de axiomas. Estes não precisam ter nenhuma correspondência com algo que possamos ver ou abstrair da experiência” (BARROW, 2007). Nesse cenário, cabe questionar se a equivalência acima, entre axiomas e condições iniciais, pode ser preservada. Teria o físico liberdade de escolher condições iniciais apenas respeitando a coerência interna com as leis da natureza? Essa discussão já nos acompanha sempre, quando pensamos nas nossas concepções de ciência, quando nos vemos questionados quanto a sermos empiristas, racionalistas, construtivistas ou entre sermos realistas ou positivistas. Enfim, o que se põe aqui é que,

*“(...) A lição que aprendemos nesse caso é que os axiomas matemáticos são mais semelhantes a condições iniciais para as leis naturais do que poderíamos supor. De fato, alguns alimentam a esperança de que venham a ser a mesma coisa: que os pressupostos últimos que se devam fazer sobre as proposições que demos introduzir para uma Teoria de Tudo sejam aqueles exigidos pela coerência lógica.” (BARROW, 2007)*

Enfim, podemos perceber que, quando lançamos o Princípio da Lógica como um dos pilares que procuraremos identificar nas visões de mundo daqueles que buscam uma Teoria Final, há mais a se considerar do que restringirmo-nos ao uso da palavra “lógica” segundo o senso comum.

#### **2. 2. 4 - 4º princípio: concepção de que “há um sentido” por trás de tudo**

A questão que aqui trazemos é, consideramos, a mais basilar, dado que, tomar por certeza de que, no mínimo, a existência, a vida e a Natureza fazem algum “sentido” é concepção que permeia praticamente todo o pensamento ocidental. Alguns chegam a definir como a função maior da Filosofia a busca do sentido da vida e da existência.

Entretanto, ao questionarmos essa concepção, muito antes de estruturarmos essa pesquisa, encontramos apoio na visão de mundo do filósofo Albert Camus, que defendia que o papel da filosofia era, ao contrário, o de reconhecer que a vida é sem sentido.

*“ Antes de deparar com o absurdo, o homem cotidiano vive com objetivos (...). Ainda acredita que alguma coisa da sua vida pode ser manobrada. Na verdade, ele age como se fosse livre, ainda que todos os fatos se encarreguem de contradizer essa liberdade. Após o absurdo, tudo se acha abalado. Essa idéia de que "eu sou", minha maneira de agir como se tudo tivesse um sentido (mesmo se eu dissesse, no momento, que nada o tinha), tudo isso se encontra desmentido de uma forma vertiginosa pela incoerência de uma morte possível. Pensar no dia de amanhã, firmar um objetivo, ter preferências, tudo isso pressupõe a crença na liberdade, mesmo se às vezes nos convencemos de não a sentir efetivamente. Nesse instante, porém, essa liberdade superior, essa liberdade de ser que é a única a poder fundamentar uma verdade, sei muito bem, agora, que ela não existe. A morte está ali como única realidade. Depois dela, a*

*sorte está lançada. Não sou mais livre para me perpetuar, mas escravo, e escravo, sobretudo, sem esperança de revolução eterna, sem refúgio no desprezo. E quem, sem revolução e sem desprezo, pode permanecer escravo? Que liberdade, no sentido pleno pode existir sem garantia de eternidade?” (CAMUS, 1942).*

É muito comum, seja no cotidiano, no dia a dia, seja na procura pelo conhecimento, científico ou não, que se tome por guia a “busca por sentido”. Algo que “não faça sentido” perde a legitimidade, passa para o campo dos fatos e eventos excluídos, marginais.

Não entraremos aqui na discussão da “licença de sentido” encontrada nos “dogmas”, validados pela “fé”. Nesse caso, com frequência, abre-se mão do compromisso com a lógica, do apego em “fazer sentido” em suas nuances. Porém, justificada por um “sentido maior”, próprio das buscas religiosas.

A questão que se coloca é se o ser humano é capaz de viver uma vida “sem sentido”. Em imaginar que a vida, o universo, a existência não possuem de fato sentido, sendo esse apenas criação de nossas mentes, angustiadas com a única certeza que se tem: a da morte.

A questão que se coloca aqui remete ao argumento que norteia a disciplina “História Cultural do Infinito”, concebida e ministrada pelo matemático e poeta Ricardo Kubrusly. Para a ele, o homem cria infinitos, sejam infinitos reais ou potenciais, cria a ciência e a arte, para suportar a angústia que guia a vida humana: a angústia perante a certeza da morte. Afirmava, em 31 de maio de 2011: “A morte é o nosso guia.”.

## **2. 2. 5 - 5º princípio: princípio da ordem**

Assim como a crença na lógica, a fé em que “algum grau de organização deveria estar oculto sob as facetas ordenadas do mundo” (BARROW, 2007), norteou e ainda norteia a construção do conhecimento científico ocidental.

Segundo Barrow (2007), a ênfase na procura por compreender a Natureza, foi caminhando cada vez mais pela busca de ordem e regularidade, e estava “subjacente aos resultados ordenados das intervenções do homem na natureza”.

Aqui, não estamos partindo para o significado de ordem associando-a ao conceito de “entropia”. Nem de longe. A ideia de ordem aqui está ligada à ideia de

“mundo organizado”. Nessa linha, não podemos deixar de remeter à discussão apresentada no texto sobre o Princípio da Unicidade, associada à visão monoteísta, de existência de um “legislador externo”, que dita os caminhos e as leis que dão ordem ao mundo.

Não podemos, porém, deixar de colocar que a ordem surge também da concepção de mundo presente no Oriente, desvinculada da necessidade de um “legislador externo”, mas apresentando uma visão mais holística da organização social. “A ordem no mundo era vista com a de uma colônia de formigas, em que cada indivíduo desempenha um papel na produção de um todo coerente de interrelações” (BARROW, 2007).

## **2. 2. 6 – 6º princípio: concepção de que “existem leis” que explicam o comportamento da natureza e que temos acesso a essa investigação**

A ideia que temos de “Leis da Natureza”, é uma herança moderna, deixada após o período da denominada Revolução Científica do século XVII. Antes disso, predominava a ideia de lei enquanto conjunto de normas que regulam o comportamento e a conduta dos homens em sociedade.

*“Apesar de todo o seu brilho, os filósofos naturais helenísticos nunca chegaram perto da idéia de um corpo de leis que regulam precisamente toda a natureza. Na verdade, a palavra “lei” foi raramente utilizada na Antiguidade (e nunca por Aristóteles ou na Bíblia), exceto em seu sentido original, das leis humanas ou divinas que regem a conduta humana. (...) Não até Galileo, Kepler e Descartes no século XVII, encontramos a noção moderna de leis da natureza”. (WEINBERG, 1993)*

Entretanto, entendemos que a ideia de “lei da natureza” está implícita na concepção de mundo ocidental desde os pré-socráticos. Afinal, afirmações como “Tudo é feito de água”, ou “Tudo o que vemos ao nosso redor é composto de átomo e vácuo” podem ser entendidas como leis da natureza.

Se voltarmos os nossos olhos para a ideia monoteísta, da existência de um “legislador externo”, encontramos ainda mais respaldo na ideia de lei da natureza, já que as “normas transcendentais impostas por um Ser Supremo” (BARROW, 2007).

Porém, muito interessante se torna a concepção humana de que temos acesso à investigação da Natureza. Basta fazer o exercício de imaginarmos sem esse “acesso” que podemos perceber o quanto ele norteia a construção de conhecimento científico ocidental. Há, na nossa percepção, um quê de “arrogância” humana (ou seria “ousadia”?) em sentirmo-nos capazes de investigar o mundo e mergulharmos fundo na compreensão da Natureza. Mas, o fato é que essa “autorização” foi-nos dada (por nós mesmos?) a partir de um momento na História, e encontramos esse marco ao identificarmos que nossa matriz epistemológica é grega. Ali, consideramos nessa pesquisa, recebemos nossa “autorização” para investigar o mundo natural.

## CAPÍTULO 3

### ESTADO DA ARTE DESSA BUSCA NA CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA

*“Para mim, veja, os artistas, os sábios, os filósofos, trabalham duramente polindo lentes. Um dia essa lente será perfeita; nesse dia todos perceberemos com clareza a assombrosa, a extraordinária beleza deste mundo.”*

(Henry Miller)

*A porta da verdade estava aberta,  
mas só deixava passar  
meia pessoa de cada vez.*

*Assim não era possível atingir toda a verdade,  
porque a meia pessoa que entrava  
só trazia o perfil de meia verdade.*

*E sua segunda metade  
voltava igualmente com meio perfil.  
E os dois meios perfis não coincidiam.*

*Arrebentaram a porta. Derrubaram a porta.  
Chegaram a um lugar luminoso  
onde a verdade esplendia seus fogos.  
Era dividida em duas metades,  
diferentes uma da outra.*

*Chegou-se a discutir qual a metade mais bela.  
As duas eram totalmente belas.  
Mas carecia optar. Cada um optou conforme  
seu capricho, sua ilusão, sua miopia.*

(Carlos Drummond de Andrade)

Pretendemos, nesse capítulo, apresentar o estado da arte das teorias candidatas a uma Teoria de Tudo.

Atualmente, a Teoria das Cordas, a Teoria M e a Gravitação Quântica em Loop são as principais candidatas.

Iniciaremos a discussão apresentando um panorama histórico dessas teorias. Em seguida, partiremos para uma breve apresentação destas. Por fim, apresentaremos um levantamento de ideias que consideram ou não o trabalho de teóricos das cordas e ideias correlatas como Física de fato, dada sua inviabilidade, aos olhos de muitos, de verificação experimental. Essa é por exemplo a opinião de Sheldon Lee Glashow, um dos “unificadores” da força eletrofraca.

### **3.1 – Panorama histórico**

Sem jamais desconsiderar a busca de Einstein, nos últimos trinta anos de sua vida, que se dedicou à procura da Teoria Final, tema que trataremos no próximo capítulo, tomamos como marco inicial o ano de 1968, quando Gabriele Veneziano, ao buscar por um longo ano de trabalho um conjunto de equações que explicasse a força nuclear forte, deparou-se com uma equação de Leonhard Euler e percebeu que uma equação deste, de 200 anos atrás, encaixava-se necessariamente à tão buscada descrição dessa força. E essa descrição levou “acidentalmente” (palavras do próprio Veneziano) à Teoria das Cordas ao ser apresentada a Leonard Susskind, que submeteu suas ideias à publicação, mas foi rejeitada pela comunidade.

Enquanto essa ideia foi abandonada, vivíamos a explosão das partículas elementares. A cada dia, mais e mais partículas eram “identificadas”, inclusive as partículas mensageiras. Tudo se encaixando praticamente bem no “modelo padrão”. Em 1973, a Teoria das Cordas deu conta de uma grande lacuna no modelo padrão, prevendo teoricamente o gráviton. Submetida à comunidade por John Schwarz, foi novamente rejeitada. Mesmo assim, Schwarz teve apoio do físico Michael Green, e continuaram trabalhando nas cordas, uma teoria ainda cheia de anomalias matemáticas. Em 1984, ambos, após exaustivo trabalho de anos, conseguiram se livrar delas e surgiu uma teoria que dava conta de relacionar as quatro forças da natureza.

Agora a reação da comunidade foi explosiva. Considerava que, finalmente, chegara-se à Teoria de Tudo. O sucesso da teoria acabou levando ao surgimento de várias versões da mesma. Foram cinco por muito tempo, o que passou a ser um grande problema. Mas o trabalho de Ed Witten as unificou. Alguns consideram que a teoria apresentada por ele, a Teoria-M, de 1995, é a maior candidata à Teoria de Tudo.

Outros, porém, já consideram a Gravitação Quântica em Loop a melhor candidata.

Apenas em prol da justiça com um nome que a História da Ciência não tem honrado condignamente, trazemos aqui uma referência, a Roger Boscovich.

*“Uma das figuras mais notáveis e negligenciadas na história da ciência européia moderna foi Roger Boscovich. Jesuíta, poeta e conselheiro arquetônico de Papas, diplomata cosmopolita e homem de negócios, socialite e teólogo, confidente de governantes e membro da Royal Society, mas acima de tudo um matemático e cientista, Boscovich foi um newtoniano apaixonado e foi o primeiro a ter uma visão científica de uma Teoria de Tudo. Seu trabalho mais famoso “Teoria da Filosofia Natural”, foi publicado pela primeira vez em Viena, em 1758. Depois de várias edições, culminou com a edição vienense ampliada e revisada de 1763. Sua influência foi ampla e profunda, especialmente na Grã-Bretanha, onde Faraday, Maxwell, e Kelvin registraram sua dívida com ele por servir fonte de inspiração. Boscovich buscou apresentar um panorama newtoniano da Natureza em vários aspectos importantes. Em particular, ele procurou “derivar todos os fenômenos físicos observados a partir de uma única lei”. Ao fazê-lo, ele introduziu uma série de novos conceitos que ainda fazem parte da intuição dos cientistas.*

*(...)*

*Boscovich propôs uma grande lei da força unificada que incluía todos os efeitos físicos conhecidos. Esta foi a sua “Teoria”, como ele a chamava.” (BARROW, 2007)*

Retomando à discussão aos nossos dias, é sobre as teorias atuais que discutiremos a seguir.

## 3.2 – Candidatas atuais à “Teoria de Tudo”

### 3.2.1 - A teoria das cordas

Essa teoria física tem como seu fundamento que a estrutura fundamental da matéria é constituída de pequenas “cordas”, ou seja, objetos de uma dimensão. É uma mudança de paradigma significativa, já que, até então, a física se baseou em estruturas associadas à ideia de partícula, mesmo com dimensão zero. Propõe-se a unificar universos teóricos até então incompatíveis, como a Teoria da Relatividade Geral e a Mecânica Quântica.

Cordas não sofrem da “doença dos infinitos” como partículas de dimensão zero. Mas utiliza conceitos estranhos como dimensões extras.

Vale destacar que as primeiras teorias das cordas voltavam-se para o comportamento especial dos hádrõs. Para dar conta dele, em primeira mão, a proposta foi considerar cada hádrõn uma corda, levando à primeira versão da Teoria das Cordas, denominada Teoria Bosônica das Cordas, superada posteriormente pela Cromodinâmica Quântica.

A ideia é considerar os diferentes modos de vibração das cordas, levando cada um deles a uma “partícula” distinta, cuja massa e a forma de interação varia em função de cada uma dessas vibrações. As cordas podem ser abertas ou fechadas nessas teorias.

Essas primeiras versões, porém, não incluíam férmions, somente bósons. A necessidade dessa inclusão levou ao estabelecimento da “supersimetria”, levando às Teorias das Supercordas.

*“Uma classe estreita de teorias físicas incomuns que foram propostas por Michael Green, John Schwarz, e Edward Witten. São conhecidas como 'teorias das supercordas'. O prefixo "super" faz alusão a uma simetria poderosa que eles respeitam. Essa "supersimetria" foi proposta como uma simetria entre classes distintas de partículas elementares chamadas férmions e bósons. Na maioria das situações, isso equivale a uma simetria entre matéria e radiação. Esta ideia foi prevalente muito antes. O que eles foram capazes de fazer era casar-lo para o poderoso*

*conceito de uma 'string'. (...) Cordas amarraram as coisas de maneira mais organizada. Se as entidades mais elementares da Natureza são considerados como cordas (linhas) em vez de pontos, então todas as divergências desagradáveis em quantidades calculadas magicamente desaparecem por algumas simetrias universais muito especiais.” (BARROW, 2007)*

Quanto às dimensões, vale dizer que a Teoria Bosônica das cordas trabalha com 26 dimensões enquanto a Teoria das Supercordas com 10 dimensões: 3 espaciais, 1 temporal e 6 dimensões recurvadas.

Temos cinco consistentes teorias das supercordas, conhecidas como: Tipo I, Tipo IIA, Tipo IIB, Tipo Heterótica SO(32) e Heterótica  $E_8 \times E_8$ . E isso passou a ser um problema! Se a Teoria das Cordas era a nossa candidata à Teoria de Tudo, como poderia aparecer em cinco versões?

Uma solução para esse grande conflito surgiu quando Edward Witten apresentou, em uma palestra, em 1995, a Teoria-M.

### 3.2.2 - A Teoria-M

**A Teoria-M** unifica as cinco diferentes Teorias das Cordas, acrescentando uma nova entidade à teoria, as membranas. Trabalha com uma dimensão recurvada a mais que a Teoria das Cordas, totalizando 11 dimensões.

Em 1995, Edward Witten, entre outros, enxergaram que as diferentes teorias das supercordas nada mais eram que limites distintos de uma mesma teoria, que foi batizada de Teoria-M. O significado desse M é pura especulação. Porém, em um documentário denominado “Universo Elegante”, de 2003, capitaneado por Brian Green, o próprio Witten, que tem sido considerado “o novo Einstein”, afirma:

“M significa mágica, misteriosa ou matrix, conforme o gosto”. (ED WITTEN)

### 3.2.3 – Gravitação Quântica em Loop

A teoria da **Gravitação Quântica em Loop** é uma teoria não perturbativa do difeomorfismo-invariante teoria gauge, que quantiza o espaço-tempo, buscando a tão sonhada conciliação entre Relatividade Geral e Mecânica Quântica. Trabalha com uma ideia bem diferente das cordas, considerando o espaço-tempo quantizado em “redes de spins”, formando diagramas com nós e linhas, através de uma matemática rigorosa que quantiza o espaço-tempo na escala de Planck.

Lee Smolin, um dos teóricos da Gravitação Quântica em Loop, afirma que essa teoria, juntamente com a Teoria da Cordas, são aproximações distintas de uma Teoria de Tudo.

### 3.3 – É Física?

Para muitos, como Sheldon Lee Glashow, a Teoria das Cordas não passa de filosofia, dado que a possibilidade, segundo eles, de verificação, é praticamente inexistente. Explica-se. Se a escala atômica é de 1 angstrom,  $10^{-10}$  m, a nuclear de 1 fermi,  $10^{-15}$  m, a escala das cordas é de  $10^{-35}$  m, a escala do comprimento de Planck. Nem com todo o avanço em espaços de pesquisa como o CERN, poderíamos chegar perto de evidências diretas das cordas. Outros, porém, entendem diferente, dado que evidências indiretas serão adquiridas ao longo do tempo.

O fato é que, os críticos das cordas consideram que a teoria é fantasia, que a física é uma ciência experimental e que o nível de segurança alcançado pela Teoria das Cordas não é científico, uma vez que não permite ser falseada, no sentido popperiano. Mas isso já foi afirmado antes, em outros momentos da História da Ciência. Enfim, o debate pode estar somente no começo...

## CAPÍTULO 4

### O PAPEL DO TEOREMA DE GÖDEL ou O SONHO DE HILBERT PODE POR FIM AO SONHO DE EINSTEIN?

*“No meio do caminho tinha uma pedra  
tinha uma pedra no meio do caminho  
tinha uma pedra  
no meio do caminho tinha uma pedra.*

*Nunca me esquecerei desse acontecimento  
na vida de minhas retinas tão fatigadas.  
Nunca me esquecerei que no meio do caminho  
tinha uma pedra  
tinha uma pedra no meio do caminho  
no meio do caminho tinha uma pedra.”*

(Carlos Drummond de Andrade)

Procuramos aqui enfrentar a questão de como está sendo apresentada por cientistas e pensadores da atualidade a relação entre a busca por uma Teoria de Tudo e o Teorema de Gödel. Após uma breve explanação sobre o que são os “sonhos de Einstein e de Hilbert”, apresentamos uma breve discussão sobre qual é o papel da Matemática na descrição da natureza. Partiremos, então, para uma apresentação do Teorema de Gödel. Em seguida colocaremos, a partir da óptica de físicos e matemáticos proeminentes, se o Teorema de Gödel possui ou não relação com a possibilidade de chegar-se a uma TOE. Dentro do escopo dessa análise, ousaremos discorrer sobre nossa visão sobre a existência ou não dessa relação.

#### 4.1 – Sonhos Desfeitos

Esse capítulo trata de desilusões. Ousaríamos dizer que pode estar tratando das maiores desilusões do século XX. O que buscamos aqui verificar é se há relação entre o fim do sonho do físico Albert Einstein e o fim do sonho do matemático David Hilbert.

Mas que sonhos são esses?

*“Nos últimos trinta anos de sua vida, Einstein buscou sem descanso a chamada teoria do campo unificado – uma teoria capaz de descrever as forças da natureza por meio de um esquema único, completo e coerente. As motivações de Einstein não eram as que normalmente inspiram os empreendimentos científicos, como a busca de explicações para este ou aquele conjunto de dados experimentais. Ele acreditava apaixonadamente que o conhecimento mais profundo do universo revelaria a maior das maravilhas: a simplicidade e a potência dos princípios que o estruturam. (...) Ele nunca realizou o seu sonho (...), mas durante os últimos cinquenta anos, as novas gerações de físicos (...) vêm aperfeiçoando progressivamente as descobertas feitas por seus predecessores e ampliando os nossos conhecimentos sobre a maneira como funciona o universo.” (GREENE, 2001)*

Portanto, ao nos referirmos ao “sonho de Einstein” estamos tratando da sua busca pela teoria do campo unificado, ou teoria de tudo.

Já o “sonho de Hilbert”, era provar que a Matemática era consistente e completa, ou seja, que não possuía contradições e que era capaz, dentro de sua estrutura lógica, de demonstrar todas as proposições que ela gerasse. Seu plano consiste de mapear entre si todas as diferentes áreas da matemática e mostrar que elas eram equivalentes, do ponto de vista estrutural. Com esse mapeamento pronto, bastaria investigar as propriedades de um de seus ramos, a aritmética, que por ser a mais abstrata das matemáticas se mostraria menos influenciada por intuições.

## 4.2 – O Papel da Matemática na Descrição da Natureza

Um outro elemento, conforme foi a busca de Bernhard Riemann, que intentava chegar a uma “teoria total da física” unida pela Matemática, é o papel dessa ciência na descrição da natureza:

*“Um exame do milênio passado de realizações humanas revela o quanto foi conquistado ao longo dos três últimos séculos, desde que Newton deu início à efetiva matematização da natureza. Descobrimos que o mundo está curiosamente adaptado a uma descrição matemática simples. Já é bastante enigmático que o mundo seja descrito pela matemática; mas que possa sê-lo por matemática simples, do tipo que podemos dominar em alguns anos de estudo árduo, isso é um mistério dentro de um enigma”. “(...) A ciência se funda na crença de que o universo é algoritmicamente compressível, e a busca de uma Teoria de Tudo é a expressão máxima dessa crença”. (BARROW, 2007).*

Enfim, vale refletir o significado do quanto de “crença” existe ao esperar-se encontrar uma Teoria Unificada expressa em linguagem matemática. Além de todos os princípios e concepções elencados no capítulo 2, o alcance dessa busca, demanda conceber o universo como algo que pode ser expresso algoritmicamente, algo que se “ajusta” a uma modelagem realizada. E, para irmos ainda mais fundo, uma modelagem expressa em linguagem matemática. Esse entendimento está longe de ser óbvio e não deixa de ser um “ato de fé”. Daí, a justeza da palavra “crença” usada pelo autor acima, quando afirma que “a ciência se funda na crença de que o universo é algoritmicamente compressível, e a busca de uma Teoria de Tudo é a expressão máxima dessa crença”.

Vale dizer que Dirac, em 1939, escrevia sobre essa questão:

*“One might describe the mathematical quality in Nature by saying that the universe is so constituted that mathematics is a useful tool in its description. However, recent advances in physical science show that this statement of the case is too trivial. The connection between mathematics and the description of the universe goes far deeper than this, and one can get an appreciation of it only from a thorough examination of the various facts that make it up”. (DIRAC, 1939).*

E analisava as convergências e divergências entre a matemática e a física:

*“Pure mathematics and physics are becoming ever more closely connected, though their methods remain different. One may describe the situation by saying that the mathematician plays a game in which he himself invents the rules while the physicist plays a game in which the rules are provided by Nature, but as time goes on it becomes increasingly evident that the rules which the mathematician finds interesting are the same as those which Nature has chosen. It is difficult to predict what the result of all this will be. Possibly, the two subjects will ultimately unify, every branch of pure mathematics then having its physical application, its importance in physics being proportional to its interest in mathematics”.* (DIRAC, 1939).

Enfim, a linha que separa os campos dessas duas ciências é tênue, move-se de lugar com frequência e, muitas vezes, some, levando-as a confundirem-se. Essa talvez seja uma forma de olhar a relação que se faz, para alguns, entre o Teorema de Gödel e a Teoria de Tudo.

### 4.3 - O Teorema de Gödel

Não temos aqui a pretensão de formalizar o Teorema de Gödel. Porém, vale recomendar o texto de E. Nagel e J. R. Newman **"Gödel's Proof"** (New York University Press - New York - USA -1958), publicado no Brasil pela Jorge Zahar Editores (2001), além do belo texto de Ricardo Silva Kubrusly **"UMA VIAGEM INFORMAL AO TEOREMA DE GÖDEL ou (O preço da matemática é o eterno matemático)"**.

O que nos cabe chamar atenção aqui é que, como vimos, Hilbert desejava provar que a Matemática não possuía contradições e o faria através de um mapeamento de toda a Matemática. O caminho que vislumbrou como mais confiável seria usar a aritmética para esse mapeamento, já que é mais transparente, mais "livre de intuições".

Gödel se propõe a trabalhar nessa demonstração e procurou uma forma de "aritmétizar" toda a matemática. Para isso, relaciona cada elemento de cada sentença metamatemática (entendida como sentenças que fazem afirmações

lógicas ou matemáticas, mas não são numéricas) a um número (os “números de Gödel”). Ao relacionar a sentença original com uma sequência de números, associa-a aos números primos, de modo a obter uma correspondência biunívoca entre cada sentença original e sua “tradução aritmética”.

Usando relações de demonstração entre as sentenças esperava identificar o valor veritativo das proposições matemáticas e metamatemáticas, assim como mostrar a não possibilidade desse valor em sentenças que eram contraditórias por si, como, por exemplo, “essa sentença é falsa”, que só é verdadeira se for falsa. Entretanto, qual não foi sua surpresa ao conseguir demonstrar sentenças assim, da mesma forma que demonstrava sua negação. Isso era muito inquietante e colocava por terra a consistência da matemática. Para salvar a consistência, Gödel propõe, então, que os axiomas da aritmética não seriam suficientes para a demonstração de todas as sentenças, e que seria necessário usar de recursos “fora do sistema”. Pagava-se o preço da coerência com o da completude.

#### **4.4 - O que o Teorema de Gödel tem a ver com isso? Alguns pensam que muito...**

Pois bem, físicos proeminentes, que refletiam sobre a possibilidade de encontrar-se uma TOE, passaram a desconsiderar a viabilidade desse encontro, levando em conta o teorema de Gödel.

Em uma resenha na revista americana New York Review of Books, Freeman Dyson afirmou:

*“O teorema de Gödel implica que a matemática pura é inexaurível. Não importa quantos problemas possa-se resolver, sempre haverá outros problemas que não podem ser resolvidos com as regras existentes. Porque pelo teorema de Gödel, a física é inexaurível também. As leis da física são configurações finitas de regras e incluem regras para fazer matemáticas, a fim que o teorema de Gödel se aplique a elas.” (DYSON,2004).*

Já Stephen Hawking está também entre aqueles que passaram a desconsiderar a possibilidade de uma Teoria de Tudo, ao levar em conta o teorema de Gödel. Em uma palestra em Cambridge, em 2002, Stephen Hawking disse:

*“Muitas pessoas ficarão muito desgostosas se não há uma teoria final, que possa formular um finito número de princípios. Eu pertenceria a este grupo, mas tenho mudado meu pensamento.”*

*(...)*

*“Qual é a relação entre o teorema de Gödel, e o fato de podermos ou não formular a teoria do universo, em termos de um número finito de princípios? Uma conexão é óbvia. De acordo com a filosofia positivista da ciência, uma teoria física, é um modelo matemático. Portanto, se houver resultados matemáticos que não podem ser provados, há problemas físicos que não podem ser previstos. Mas eu acho que a teoria quântica e da gravidade juntas introduzem um elemento novo na discussão, que não estava presente com a teoria newtoniana clássica.”*

*(...)*

*“Um modelo pode ser arbitrariamente detalhado, e pode conter uma quantidade arbitrária de informação, sem afetar os universos que eles descrevem. Mas não são anjos, que vêem o universo de fora. Ao invés disso, nós e os nossos modelos, somos ambos parte do universo que estamos descrevendo. Assim, uma teoria física, é auto-referenciada, como no teorema de Gödel.”. (HAWKING, 2002).*

#### **4.5 - O que o Teorema de Gödel tem a ver com isso? Alguns pensam que nada...**

Em contraponto, alguns pensadores, como o acadêmico sueco Torkel Franzén, pensavam bem diferente:

*“Parece razoável supor que uma formalização da física teórica, em uma teoria que pode ser produzida, estaria sujeita ao teorema da incompletude por incorporar um componente de aritmética. No entanto, o teorema de Gödel apenas nos diz que há uma incompletude no componente aritmético da teoria. As equações fundamentais da física, quaisquer que elas sejam, não podem de fato, decidir cada proposição aritmética, mas se são ou não são completas consideradas como uma descrição do mundo físico. E que completude pode significar em tal caso, não é algo de que o teorema da incompletude nos diz nada a respeito.” (FRANZÉN, 2005)*

Franzén analisa as afirmações de Hawking e chama atenção para a afirmação desse quanto ao resultado de que uma teoria física é "auto-referenciada", aparentemente no sentido de que as teorias físicas são "parte do Universo" e que,

portanto, pode-se esperar que eles sejam inconsistentes ou incompletas, considerando que Gödel provou seu teorema da incompletude primeiro usando uma afirmação de auto-referência. Para ele, mais uma vez, a relevância do teorema da incompletude está aqui em mais uma questão de inspiração ou metáfora. Mas Hawking também toca em um outro assunto: a relevância da aritmética para previsões sobre o resultado de experimentos físicos. Sobre isso já comentamos anteriormente.

#### **4.6 – E o que pensamos a respeito**

Apesar de alguns físicos proeminentes afirmarem que o Teorema de Gödel serviria para sustentar a impossibilidade de uma Teoria de Tudo, defendemos aqui que essas afirmações são equivocadas e, com todo o respeito aos seus proeminentes trabalhos, provavelmente decorrem da não apropriação por alguns físicos (e também por matemáticos) do que diz e propõe o famoso teorema. Não sabemos se uma TOE é ou não possível, mas pensamos que sua impossibilidade não decorre dos Teoremas de Gödel. É compreensível que se queira estender, filosoficamente, os resultados de Gödel para outros saberes, mas tem-se que estar atentos à rígida estrutura matemática que possibilita estes resultados. Em uma matemática com postulados levemente diferentes dos usuais, capaz de proporcionar resultados úteis e modelos físicos eficientes, podemos não ter como válidos os teoremas de Gödel, o que aponta para a independência destes teoremas com quaisquer conjecturas sobre a possibilidade ou não de TOE's.

# CAPÍTULO 5

## APRIMORANDO O OLHAR ATRAVÉS DA ANÁLISE DO DISCURSO

*“A palavra foi dada ao homem  
para disfarçar o próprio  
pensamento.”*

(Charles Talleyrand-Périgord)

Pretende-se, nesse capítulo, apresentar os resultados da análise de textos escritos por cientistas e pensadores selecionados. Após a coleta desse material, pretendemos, através da metodologia da Análise do Discurso, que aqui utilizamos como referencial metodológico, identificar a presença ou não de determinados princípios e concepções de mundo nesses textos escritos. Afinal, procuramos, com essa seleção, contribuir com uma proposta metodológica de “aprimoramento do olhar” voltada para identificar a presença desses aspectos nas visões de mundo de pensadores e cientistas que buscaram, ao longo da História do Pensamento Ocidental, propor ideias, modelos ou teorias de unificação, ou “teorias de tudo” sobre o comportamento da natureza.

Nesse capítulo, mostramos, portanto, as análises, referentes aos recortes dos textos selecionados. Lembramos que os textos, em sua íntegra, são apresentados no Apêndice.

Vale ressaltar, ainda, que a escolha foi por textos de divulgação científica, por considerar que são mais adequados para a identificação dos princípios e concepções a serem analisados do que textos científicos, já que, com mais frequência, discorrem sobre ideias e visões que os autores possuem sobre ciência, fatos e conceitos científicos.

## **5.1 – Sobre a Análise de Discurso**

Tivemos contato mais direto com a Análise de Discurso (AD) através de Costa (2012), que usou a metodologia para avaliar os impactos da parceria entre a Universidade Federal Fluminense e uma escola da Educação Básica, de modo a identificar se a formação do professor de Física pesquisador prático reflexivo pode proporcionar a melhoria do ensino de Física na Educação Básica. Nessa pesquisa, a autora realizou sua investigação através de entrevistas semiestruturadas com cinco sujeitos, docentes em atuação.

Enfim, encontramos o caminho que procurávamos, ao perceber que a Análise de Discurso

*é uma prática da linguística no campo da Comunicação, e consiste em analisar a estrutura de um texto e a partir disto*

*compreender as construções ideológicas presentes no mesmo. O discurso em si é uma construção linguística atrelada ao contexto social no qual o texto é desenvolvido. Ou seja, as ideologias presentes em um discurso são diretamente determinadas pelo contexto político-social em que vive o seu autor. Mais que uma análise textual, a análise do Discurso é uma análise contextual da estrutura discursiva em questão.* (<http://www.infoescola.com/linguistica/analise-do-discurso/>)

Segundo Gee (2005),

*“A análise do discurso é o estudo da língua em uso no mundo, não só para dizer as coisas, mas também para fazer as coisas. As pessoas usam a linguagem para muitas coisas diferentes. Eles usam para se comunicar, cooperam, e para ajudar os outros. (...) Existem muitas abordagens diferentes à análise do discurso. Algumas delas fazem parte da disciplina de linguística e essas abordagens à análise do discurso são intimamente ligadas ao estudo da gramática. Algumas abordagens à análise do discurso não são tão intimamente ligadas aos detalhes gramaticais da língua, mas concentram-se em idéias, questões e temas de como eles são expressos em conversação e escrita. (...) argumento que qualquer teoria da análise do discurso é constituída por um conjunto de ferramentas usadas para analisar a linguagem em uso.”* (GEE, 2005)

Afinada com escolhas de Costa, busquei os referenciais que a pesquisadora, adotou: as obras de Gee e Bakhtin.

Segundo Costa (2012),

*“o que instiga e facilita a aplicação da teoria-método de Gee é a acessibilidade e clareza com que o autor apresenta suas ideias numa leitura agradável (...). Acredito que esse mesmo sentimento possa ser estendido a outros pesquisadores da área das Ciências, pois o autor enriquece seu texto com exemplos de linguagens utilizadas pela Física, Biologia e Medicina. Um outro aspecto que muito sensibilizou para aplicar esse referencial teórico-metodológico foram as palavras que GEE profere quanto à grandeza social e humanitária que ele atribui à finalidade da AD: “(...) a análise de discurso é uma forma de se engajar numa tarefa humana muito importante. A tarefa é esta: pensar mais profundamente sobre os significados que nós damos às palavras das pessoas de modo a nos tornarmos melhores, pessoas mais*

*humanas e o mundo um lugar melhor e mais humano'. (GEE, 2005 apud COSTA, 2012)."*

Assim, de modo a apropriar-me da metodologia, percebi a publicação de Gee, *How to Do Discourse Analysis: a toolkit* (GEE, 2010), como um material voltado para o pesquisador leigo em Linguística que deseja a realizar AD.

*"O conceito-chave inicial é o da própria **AD**: é a análise da linguagem em uso, falada ou escrita. Há três aspectos a serem explorados para se fazer a análise: os linguísticos, voltados para detalhes gramaticais e seu funcionamento na comunicação (descritivos); os que focalizam temas e mensagens (conteúdo); os engajados com a "política", não a partidária, e sim aquela essencialmente ligada à distribuição de "bens sociais" (crítica)." (COSTA, 2012)*

Segundo o próprio Gee,

*"(...) o método que desenvolvi neste livro não é intencionado a ser um conjunto de 'regras' para serem seguidas 'passo-a-passo'. (...) Ao invés disso, eles [os exemplos introduzidos nos Capítulos 9 a 11] (...) servem como 'dispositivos de reflexão' para encorajar outros a se engajarem nas suas próprias reflexões relacionadas a discurso" (GEE, 2005)*

Portanto, a medida em que a proposta dessa pesquisa é a propositura de uma metodologia que dê condições de extrair do discurso de pensadores ou cientistas os princípios que já elencamos e relacionar as visões de mundo desses pensadores, consideramos ser esse o referencial metodológico adequado a seguir.

## 5.2 – As Categorias

Iniciamos nossa análise, esclarecendo que os critérios utilizados para a escolha dos cinco textos foram frutos de determinados aspectos, tais como:

- Conexão do tema tratado com a temática da Teoria de Tudo;
- Legitimidade da trajetória do autor do texto para tratar da temática em questão (como poderá ser confirmado na apresentação dos autores, juntamente com cada texto);

Optamos por textos em português ou em inglês. Nesse último caso, evitamos a tradução para minimizar quaisquer intervenções preliminares no texto, além das já inerentes, resultantes dos critérios de escolha e das seleções de recortes.

No Apêndice, apresentamos a íntegra dos textos, já com as marcações dos fragmentos selecionados para Análise do Discurso, para que se tenha a noção de totalidade.

O critério organizador foi o apresentado na tese de Costa, ou seja, o estabelecimento de categorias, para que se compilasse um quadro por cada uma delas, com os episódios discursivos relacionados, culminando na discussão das convergências e divergências entre os discursos.

As categorias escolhidas foram:

1 – CATEGORIA 1 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: O PRINCÍPIO DA UNICIDADE

2 – CATEGORIA 2 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: PRINCÍPIO DA SIMETRIA, DA BELEZA E ELEGÂNCIA, COMO UM GUIA PARA A FORMULAÇÃO DE TEORIAS CORRETAS

3 – CATEGORIA 3 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: CRENÇA NA EXISTÊNCIA DE UMA LÓGICA

4 – CATEGORIA 4 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: CONCEPÇÃO DE QUE “HÁ UM SENTIDO” POR TRÁS DE TUDO

5 – CATEGORIA 5 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: PRINCÍPIO DA ORDEM

6 – CATEGORIA 6 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: CONCEPÇÃO DE QUE “EXISTEM LEIS” QUE EXPLICAM O COMPORTAMENTO DA NATUREZA E QUE TEMOS ACESSO A ESSA INVESTIGAÇÃO

7 – CATEGORIA 7 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: ENTENDIMENTO QUANTO AO TEOREMA DE GÖDEL INVIABILIZAR OU NÃO UMA TEORIA DE TUDO

## 5. 3 - ANÁLISE DE DISCURSO DOS TEXTOS SELECIONADOS

### 5. 3.1 - ANÁLISE DE DISCURSO DO TEXTO 1

#### THE LEGACY OF LAW

John David Barrow

1.Many threads entwined to form our concept of a law of Nature. At first, primitive societies and groups were impressed primarily by the irregularities of Nature: mishap, plague, and pestilence. **In time, emphasis refocused upon the regularities of the environment and the means by which they could be most fruitfully exploited for advantage. Sense began to emerge from the welter of disparate natural phenomena. The irregularities became exceptions to, rather than conceptions of, the natural state of the world. It emerged that some degree of organization might lurk behind the ordered facets of the world just as it lay behind the ordered results of mankind’s interventions in Nature.**

Análise: O autor apresenta sua visão quanto ao processo de construção do conhecimento sobre a natureza destacando o momento, no seu entendimento, em que se passou a ser mais vantajoso a ênfase e o foco desse processo voltarem-se para a regularidade, ao “fazer sentido”, à visão de que as irregularidades eram as exceções, à que havia algum grau de organização no mundo.

10.Social and religious views coloured early ideas about the organization of the world. There were many paradigms. **For some, the world was a living organism growing and maturing towards some great purposeful culmination. All its constituents contained innate imperatives which moved them to trace out the ways predestined for them.** They followed not the rules of some external diktat but the manifestations of their immanent properties. **The meanings of things were to be found in their ends, not in their present or past states. For others, the world was a cosmic city, ordered by transcendent laws and rules imposed by a Supreme Being. Moreover, it was a walled city within which order was preserved for our benefit. Beyond its borders lay chaos and evil.**

Análise: O autor entende que a compreensão do mundo, a partir de certo momento, passou a ser permeada pela existência de um propósito, portanto, de sentido. Um destino pré-definido, um mundo ordenado por leis impostas por um Ser Supremo. O autor não confirma se que pensa assim, mas que considera que, a partir de certo momento da história, essa foi a linha que norteou a visão de mundo de parte significativa da cultura mundial.

**In other cultures, quite different ideas held sway. No outside lawgiver was imagined. No outside lawgiver was necessary. Instead, all things seemed to work together in harmony to compose the common good by mutual consent and interaction.** The order in the world was seen as that of the ant colony, wherein every individual plays its part to produce a coherent self-interacting whole. It is a spontaneous response to the requirements of the system as a whole, not the inflexible result of eternal and unchangeable laws of Nature.

Análise: Aqui o autor destaca que, para outras culturas, não há necessidade de um legislador externo para que as coisas funcionem. A concepção é de que cada um faça sua parte, trabalhando juntos para o bem comum, como resposta às demandas do sistema, sem necessidade de leis inflexíveis da natureza. Ousamos afirmar nessa análise que essa visão leva a uma concepção de mundo completamente distinta do entendimento de que tudo que existe é fruto de um legislador, que determina as leis e o funcionamento de tudo. Podemos inferir, com base no contexto que surgirá posteriormente, que se refere às culturas orientais principalmente.

**27. Different modern cultures have been variously influenced by their religious heritage in coming to a satisfying picture of natural laws. In the Judaeo-Christian West, the influence of the divine lawgiver has been paramount. The laws of Nature are the dictates of a transcendent God. They enshrine faith in the existence of an underlying order to things. They sanction the investigation of Nature as a secular activity.** They outlaw Nature gods and the potential conflicts of polygamous legislation in the Universe. **Farther East, in**

**cultures like that of the early Chinese, the dominant picture was more liberal in style, with Nature operating holistically to produce a harmonious equilibrium in which every ingredient interacts with its fellows to produce a whole that is more than the sum of its parts.**

Análise: O autor aqui apresenta uma importantíssima descrição de há dois universos distintos quanto ao papel desempenhado pela existência de um legislador externo ou não. Coloca que a cultura Ocidental judaico-cristã é fruto da influência desse legislador, que dita e sacraliza as leis da Natureza. De fato, nesse quadro, fica inviável qualquer conflito de leis, já que a origem é una. Diferente fica o contexto de culturas do Extremo Oriente, com visão mais holística, concebendo uma Natureza voltada para o equilíbrio gerado por cada um fazer a sua parte na interação com o todo. Em suma, na visão oriental, **o todo é mais do que a soma das partes**. Podemos ousar dizer aqui, portanto, o quanto a primeira visão é favorável à busca contínua de unificação, enquanto, na segunda, ela pode mesmo nem fazer sentido...

**38. It is not hard to see why the Eastern holistic perspective made scientific progress so difficult. It denies the intuition that one can study parts of the world in isolation from the rest—that one can analyse the world—and understand a part without knowing the whole. In modern terms, the Western perspective has regarded Nature as a linear phenomenon in which what happens at a given place and time is determined exclusively by what has occurred at nearby places immediately beforehand. The holistic view assumes nature to be intrinsically non-linear so that non-local influences predominate and interact with one another to form a complicated whole. It is not that the Eastern approach was misguided. It was simply premature. Only very recently, aided by versatile computer graphics, have scientists come to terms with the description of intrinsically complex non-linear systems. A successful study of natural laws needs to start with the simple linear problems if it is ever to graduate successfully to the holistic complexities created by non-linearity.**

Análise: Ponto crucial nessa pesquisa, o autor discorre aqui seu entendimento de como a visão holística oriental acaba por ter sido um impeditivo para o “progresso científico”, já que contradiz a visão de que dá para isolar partes do todo, essencial para a construção do conhecimento científico ocidental. Traz a questão para os tempos modernos, classificando a visão ocidental de linear e a oriental de não-linear. O mais interessante é que a análise do autor quanto à questão destaca que a visão oriental era apenas prematura, pela falta de recursos disponíveis ao fazer científico até muito pouco tempo atrás para trabalhar com a não-linearidade, quadro que atualmente se configura diferente. Ousaríamos dizer aqui que essa questão é um ponto chave na compreensão da construção do conhecimento científico ocidental e, em particular, na convergência de tanto interesse por uma Teoria Final.

52. Having drawn with broad brush-strokes the inter-relationship between religious beliefs and the wider philosophy of nature that it engenders within a society it is important to inject a note of caution. **It is common for apologists to press the argument further and claim that modern science has emerged because of, or even from, the West’s Christian religious roots. There is undoubtedly some grain of truth in this claim, rightly interpreted; but its uncritical acceptance is as mistaken as the common notion that religion and science have always been at war like the forces of darkness and light. The monotheistic basis for the concept of universal laws of Nature contains an element of the truth because modern science is something that has developed to fruition after the early events which shape religious history. Moreover, many great scientists were overtly religious and brought to their scientific work an explicit religious justification and motivation. While these facts cannot be denied, it is a giant leap to infer from this summary of events that modern science is therefore a necessary consequence of our Christian past which would not otherwise have arisen. Here, the apologist is seeking to persuade that the practice of science or the concept of universal laws is a logical outcome of a certain range of religious beliefs rather than merely something that has been fostered by them.** Religious scientists, like Boyle, Newton, or Maxwell, undoubtedly existed in profusion, but they inevitably stressed those aspects of their religion which accorded well with their scientific intuitions and activities. They were satisfied that their work

was in tune with a Christian view of the world in an age when the public face of religion was a far greater factor in people's lives than it is today. There were always other strands of Christian doctrine, less obviously convivial to the pursuit of theoretical science, which the very same scientists would subconsciously downplay or simply ignore. Others, who found science distasteful, materialistic, or even blasphemous, could always be found amongst the ranks of the theologians and philosophers. **The virtues necessary for the successful pursuit of science are neither specifically nor exclusively those engendered by our Judaeo-Christian heritage, nor, indeed, by any other. To believe that science has necessary rather than actual religious precursors is to subscribe to a deterministic theory of history with unique effects and causes.** The real world is immeasurably more complicated: it is a skein of many strands, knotted and tangled, whose beginning is out of reach and whose end we cannot know.

Análise: Aqui o autor de fato se posiciona quanto a dois fatos: um, questiona o entendimento de se atribuir exclusivamente à tradição cristã ocidental a existência da ciência moderna. Dois, questiona a visão de que ciência e religião sempre estiveram em guerra. Argumenta que, mesmo muitos cientistas que marcaram a História da construção do conhecimento científico ter fortes raízes religiosas, muitas das suas crenças foram ignoradas em seus trabalhos científicos. Considera simplista essa visão, atribuindo um único efeito a algo que é bem mais complexo.

## THE QUEST FOR UNITY

86. As we have become more demanding of our explanations and pictures of the Universe, so we have found the scale of what we must explain to be far greater in extent than our predecessors could ever have imagined. As complexity has grown, so has physics fragmented into specializations, which in turn have found themselves partitioned into manageable pieces. **Each has enjoyed its own successes in building up mathematical theories of the different fundamental forces of Nature and has endowed us with effective descriptions of each of the different interactions between particles of matter and light. The most striking aspect of**

**these theories, beyond that of their huge success, is that until only recently they have been distinct in form and content, each compartmentalized from the others as though bearing witness to some curious paranoia in Nature. This goes against the grain of our belief in the unity of Nature.**

Análise: Interessante abordagem, na qual o autor destaca, interpretamos, uma questão em que convivemos de forma pouco conflituada, ante a evidente contradição presente: a de que, à medida que a complexidade do conhecimento sobre a Natureza foi crescendo, aumentou-se, mesmo recentemente o número de especialidades, levando a diferentes e compartimentalizadas teorias matemáticas sobre as interações entre matéria e luz, algo como testemunhar uma “paranóia curiosa na Natureza”. Chama atenção para o fato de que isso vai de encontro à nossa crença na unidade da Natureza.

98. Only very rarely have ambitious scientists attempted to construct a theory of physics which would unite all the disparate and successful theories of the different forces of Nature into a single coherent frame work from which all things could in principle be derived. One of the earliest with a distinctly modern perspective was Bernhard Riemann, the nineteenth-century creator of the systematic study of non-Euclidean geometries. He envisaged a ‘total theory of physics’ united by mathematics, and wrote to Richard Dedekind of his belief that

one can set up a completely self-contained mathematical theory, which proceeds from the elementary laws that are valid for individual points to processes in the actually given continuously filled space, without distinguishing whether it is gravity, electricity, magnetism, or the equilibrium of heat that is being treated.

112. The most famous modern attempts to implement it were those of Eddington and Einstein. They failed for many reasons. In retrospect, we recognize that knowledge of the elementary-particle world was then so seriously incomplete that neither Eddington nor Einstein were in a position even to see what needed to be unified, let alone how to do it. However, the flame they first ignited has remained

glowing faintly in the background, often overshadowed by the fireworks provided by the latest advances in the understanding of particular pieces of nature, until being fanned into prominence by the most recent attempts by theoretical physicists to illuminate our picture of the Universe. **Whereas past unifiers were regarded as lone eccentrics by their colleagues, tolerated because of the brilliance of their other contributions to physics, the unifiers of today populate the mainstream of physics and continually add to their number the most gifted young students. This is what distinguishes the physics of the 1980s from any that has gone before.**

Análise: O autor faz aqui uma afirmação interessante sobre uma distinção entre a física do passado com a dos anos de 1980. Chama atenção para que unificadores do passado eram considerados excêntricos e tolerados pelas suas outras contribuições, na física dos anos 80 (diga-se, que é a década que antecedeu a primeira edição do livro em que aqui analisamos), a unificação é a temática principal, valorizada e trazendo os melhores cérebros.

125, The current breed of candidates for the title of a 'Theory of Everything' hope to provide an encapsulation of all the laws of nature into a simple and single representation. **The fact that such a unification is even sought tells us something important about our expectations regarding the Universe. These we must have derived from an amalgam of our previous experience of the world and our inherited religious beliefs about its ultimate nature and significance. Our monotheistic traditions reinforce the assumption that the Universe is at root a unity, that it is not governed by different legislation in different places, neither the residue of some clash of the Titans wrestling to impose their arbitrary wills upon the nature of things, nor the compromise of some cosmic committee.**

Análise: Aqui, ao contrário de afirmações sobre o processo de formação das visões de mundo relacionadas à questão ao longo da História, o autor se posiciona, afirmando que a busca pela unificação está relacionada a uma experiência prévia nossa com o mundo e à nossa herança religiosa sobre as questões mais basilares na natureza. Ratifica que nossas tradições monoteístas reforçam a visão de que o Universo tem em sua raiz a unidade.

**Our Western religious tradition also endows us with the assumption that things are governed by a logic that exists independently of those things, that laws are externally imposed as though they were the decrees of a transcendent divine legislator.**

Análise: Reforçando a análise anterior, o autor ratifica o papel da nossa tradição religiosa ocidental, quanto à concepção de que uma lógica existente independente das coisas as governam, que as leis são decretos de um legislador divino.

In other respects, our prejudices reflect a mixture of different traditions. Some feel the force of the Greek imperative that the structure of the Universe is a necessary and inflexible truth that could not be otherwise, while others inherit the feeling that the Universe is contingent. In this connection, it is interesting to recall the commentary supplied by Charles Babbage the eccentric nineteenth-century pioneer of computing devices who was much exercised by the concept of the laws of Nature. He was the first to liken the Universe to a computer whose program (as we would now call it) comprised the laws of Nature; but this image provided him more readily with the conception of a different program or one which might turn up irregularities and novelty very occasionally:

The more man inquires into the laws which regulate the material universe, the more he is convinced that all its varied forms arise from the action of a few simple principles. These principles themselves converge, with accelerating force, towards some still more comprehensive law to which all matter seems to be submitted. Simple

as that law may possibly be, it must be remembered that it is only one amongst an infinite number of simple laws: that each of these laws has consequences at least as extensive as the existing one, and therefore that the Creator who selected the present law must have foreseen the consequences of all other laws.

Análise: O autor lembra a posição do pioneiro da computação Charles Babbage, que faz uma analogia entre um “programa de computação” e as leis da natureza, destaca que são poucos os princípios que regulam as leis da natureza e coloca, principalmente, que haveria possibilidade de outras leis, mas que o “Criador” selecionou as atuais por antever a consequência das outras

**Our attraction to that quality which we have come to call ‘beauty’, and which we associate with the detection of innate unity and harmony in the face of superficial diversity, has led us to expect that the unity of the Universe should be expressed in certain particular ways. If we are physicists we might often hear talk of the ‘beauty’ or ‘elegance’ of particular ideas or theories to such an extent that, like Dirac,\* we make aesthetic quality a guide or even a prerequisite for the formulation of correct mathematical theories of Nature.**

**167. The aesthetic imperative of Dirac strikes the life scientist as strange, the more so when he discovers how ineffective physicists, for all their mathematical powers, so often prove to be when they stray into his menagerie. For physicists are used to dealing with the pristine symmetries and fundamental laws of Nature. This habit conditions them to seek and expect symmetry and mathematical elegance everywhere they look. But the living world is not a marble palace. It is the higgledy-piggledy outcome of natural selection and the competition between many interacting factors. The outcome is often neither elegant nor symmetrical.**

Análise: Inicialmente, o autor ratifica a posição de que físicos usam a “beleza” e a “elegância” como algo que reforça a unidade na natureza e como guia para formulação de teorias corretas sobre a Natureza. Porém, posiciona-se que, muitas vezes, essa “guia” não dá conta da explicação do mundo vivo, com sua seleção natural e competição, chamando atenção para que o “resultado” não é elegante, nem simétrico, ou seja, não há “beleza e elegância” para todos os lugares que se olha.

## SYMMETRIES

(...)

**175. Moreover, in the post-Newtonian discussions regarding the theological relevance of Newton’s successful description of the world, the existence of conservation laws appears to have played some role in the growth of atheism amongst scientists. Some, like Newton himself, felt that there was need within the Newtonian dynamical model of the known universe (the solar system) for the sustaining and regulating hand of the Deity, but the subsequent discovery of conservation laws indicated that Nature possessed built-in sustaining principles which stopped the world from just ceasing to be. There were fewer roles for the Deity to play than had been believed.**

(...)

**185. The fact that laws of change can be represented as invariances of the world under all possible changes that respect a particular innate pattern struck a resonant chord with physicists’ expectations regarding the presence of symmetry and harmony in Nature. Symmetry has become the dominant theme in fundamental physics. Elementary-particle physics is singularly Platonic in this respect.**

Análise: Interessante colocação do autor, referente ao fato de que a presença de simetria na Natureza, tendo como consequência os invariantes, levou ao aumento do ateísmo entre os cientistas, já que o comportamento da natureza se tornava mais auto-sustentável. Destaca também o quanto essa constatação tornou a questão da simetria o tema dominante em física.

191. Mathematicians of the past have catalogued all the distinct patterns of change that exist and have diligently encoded their essential ingredients into that branch of mathematics now known as group theory. **By searching through its kaleidoscope of all possible patterns, the particle physicist can extract candidate symmetries to impose upon the world.** The candidates need to pass some initial screening to ensure that they can accommodate all the necessary ingredients of the elementary-particle world and do not have some obvious consequence at variance with reality. The successfully vetted candidates then graduate to a more detailed mathematical outworking, which results in a gamut of predictions as to how particles should interact in a world governed by the imposed symmetry. **Thus, a blind faith in symmetry provides an efficient recipe for generating candidate theories of elementary-particle interactions.** No such machinery exists to generate candidate theories to explain the workings of less basic entities like economies or weather systems. The stronghold of symmetry is the unseen world of the smallest things.

Análise: O autor ressalta o papel da fé cega na simetria para a física de partículas que, muitas das vezes, e com base nisso, “impõe as simetrias ao mundo”.

## 5. 3.2 - ANÁLISE DE DISCURSO DO TEXTO 2

### TEXTO 2: PROLOGUE

Steven Weinberg

1.The century now coming to a close has seen in physics a dazzling expansion of the frontiers of scientific knowledge. Einstein's special and general theories of relativity have permanently changed our view of space and time and gravitation. In an even more radical break with the past, quantum mechanics has transformed the very language we use to describe nature: in place of particles with definite positions and velocities, we have learned to speak of wave functions and probabilities. Out of the fusion of relativity with quantum mechanics there has evolved a new view of the world, one in which matter has lost its central role. **This role has been usurped by principles of symmetry, some of them hidden from view in the present state of the universe.**

Análise: O autor ressalta o papel dos princípios de simetria, que passaram a ocupar o papel central na fusão da Mecânica Quântica com a Relatividade, antes ocupado pela "matéria".

On this foundation we have built a successful theory of electromagnetism and the weak and strong nuclear interactions of elementary particles. Often we have felt as did Siegfried after he tasted the dragon's blood, when he found to his surprise that he could understand the language of birds. But now we are stuck. The years since the mid-1970s have been the most frustrating in the history of elementary particle physics. **We are paying the price of our own success: theory has advanced so far that further progress will require the study of processes at energies beyond the reach of existing experimental facilities.**

Análise: O autor, lembrando que laureado com o Prêmio Nobel de 1979 por uma das grandes unificações da História, registra sua frustração com o andamento dos estudos sobre Física de Partículas no momento de escrita do livro em tela, 1993. Entende que esse preço está sendo pago pelas dificuldades experimentais existentes, que não dão conta das altas energias necessárias para os próximos passos de pesquisa na área.

(...)

**55. For myself, the pleasure of the work had always provided justification enough for doing it.** Sitting at my desk or at some café table, I manipulate mathematical expressions and feel like Faust playing with his pentagrams before Mephistopheles arrives. Every once in a while mathematical abstractions, experimental data, and physical intuition come together in a definite theory about particles and forces and symmetries. **And every once in an even longer while the theory turns out to be right; sometimes experiments show that nature really does behave the way the theory says it ought.**

Análise: O autor, registra seu grande prazer com seu trabalho. Além disso, destaca e registra um fato que, entendemos, merece destaque para o autor: que, de vez em quando, a experiência mostra que a Natureza se comporta como a teoria diz que ela deve.

59. But this is not all. For physicists whose work deals with elementary particles, there is another motivation, one that is harder to explain, even to ourselves.

61. Our present theories are of only limited validity, still tentative and incomplete. **But behind them now and then we catch glimpses of a final theory, one that would be of unlimited validity and entirely satisfying in its completeness and consistency.**

Análise: O autor declara sua convicção no alcance de uma Teoria Final, de validade ilimitada, consistente e completa. Interessante observar que essa convicção se baseia em vislumbres, algo “difícil de explicar”, mesmo entre físicos de partículas.

**We search for universal truths about nature, and, when we find them, we attempt to explain them by showing how they can be deduced from deeper truths.**

Análise: Aqui percebemos o autor dotado de uma concepção realista da ciência, afirmando que podemos alcançar as “verdades universais” da Natureza.

Think of the space of scientific principles as being filled with arrows, pointing toward each principle and away from the others by which it is explained. These arrows of explanation have already revealed a remarkable pattern: they do not form separate disconnected clumps, representing independent sciences, and they do not wander aimlessly – rather they are all connected, and if followed backward they all seem to flow from a common starting point. **This starting point, to which all explanations may be traced, is what I mean by a final theory.**

Análise: O autor novamente sua convicção no alcance de uma Teoria Final, reforçando, através da imagem de que há um “espaço de princípios científicos cheio de setas que possuem uma origem comum, sendo essa origem a Teoria Final”. Apresenta uma visão própria, bastante absoluta, do princípio da unicidade.

72. We certainly do not have a final theory yet, and we are not likely to discover it soon. But from time to time we catch hints that it is not so very far off. Sometimes in discussions among physicists, **when it turns out that mathematically beautiful ideas are actually relevant to the real world, we get the feeling that there is something behind the blackboard, some deeper truth foreshadowing a final theory that makes our ideas turn out so well.**

Análise: O autor, novamente, declara sua convicção no alcance de uma Teoria Final, agora relacionando a “intuição” de que há algo por trás do cenário com uma “bela matemática” que é de fato relevante para o “mundo real”. Vale destacar o quanto o autor ratifica questões como “intuição”, “vislumbres”, “algo difícil de explicar” como guia para a construção de conhecimento científico, assim como a “beleza” matemática.

78. Speaking of a final theory, a thousand questions and qualifications crowd into the mind. **What do we mean by one scientific principle ‘explaining’ another? How do we know that there is a common starting point for all such explanations? Will we ever discover that point? How close are we now? What will the final theory be like? What parts of our present physics will survive in a final theory? What will it say about life and consciousness? And, when we have our final theory, what will happen to science and to the human spirit? This chapter, barely touching on these questions, leaves a fuller response to the rest of this book.**

Análise: O autor, agora, afirma, mesmo de forma indireta, sua certeza no alcance de uma Teoria Final, dado que questiona: **“quanto tivermos nossa Teoria Final, o que vai acontecer com a ciência e com o espírito humano?”**

86. The dream of a final theory did not start in the twentieth century. It may be traced in the West back to a school that flourished a century before the birth of Socrates in the Greek town of Miletus, where the Meander River empties into the Aegean Sea. We do not really know much about what the pre-Socratics taught, but later accounts and the few original fragments that survive suggest that the Milesians were already searching for explanations of all natural phenomena in terms of a fundamental constituent of matter. For Thales, the first of these Milesians, the fundamental substance was water; for Anaximenes, the last of this school, it was air.

Análise: O autor registra seu entendimento do que considera o “marco inicial” da busca pelo “sonho de uma Teoria Final”: a busca pela explicação do mundo natural deixada pelos pré-socráticos, com suas substâncias fundamentais como composição de tudo que existe.

Nessa pesquisa, esse momento também foi considerado o marco inicial, por essa pesquisadora considerá-lo o mais adequado, antes mesmo de conhecer esse texto em análise, que ratificou a escolha.

(...)

184. Yet for all their brilliance, the Hellenistic natural philosophers never came close to the idea of a body of laws that would precisely regulate all nature. **Indeed, the word ‘law’ was rarely used in antiquity (and never by Aristotle or in the Bible) except in its original sense, of human or divine laws governing human conduct.** (It is true that the word ‘astronomy’ derives from the Greek words astron for a star and nomos for law, but this term was less often used in antiquity for the science of the heavens than the word ‘astrology.’) Not until Galileo, Kepler, and Descartes in the seventeenth century do we find the modern notion of laws of nature.

Análise: O autor registra o que considera o marco inicial da concepção de existência do conceito de “leis da natureza” como usamos hoje.

(...)

205. **It is with Isaac Newton that the modern dream of a final theory really begins. Quantitative scientific reasoning had never really disappeared, and by Newton’s time it had already been revitalized, most notably by Galileo. But Newton was able to explain so much with his laws of motion and law of universal gravitation, from the orbits of planets and moons to the rise and fall of tides and apples, that he must for the first time have sensed the possibility of a really comprehensive explanatory theory.**

(...)

**241. Nevertheless, by the 1890s an odd sense of completion had spread to many scientists. In the folklore of science there is an apocryphal story about some physicist who, near the turn of the century, proclaimed that physics was just about complete, with nothing left to be done but to carry measurements to a few more decimal places. The story seems to originate in a remark made in 1894 at the University of Chicago by the American experimental physicist Albert Michelson: ‘While it is never safe to affirm that the future of Physical Science has no marvels in store even more astonishing than those of the past, it seems probable that most of the grand underlying principles have been firmly established and that further advances are to be sought chiefly in the rigorous application of these principles to all the phenomena which come under our notice . . . An eminent physicist has remarked that the future truths of Physical Science are to be looked for in the sixth place of decimals.’**

(...)

283. But things were to change very rapidly. To a physicist the twentieth century begins in 1895, with Wilhelm Roentgen’s unexpected discovery of X rays. It was not that X rays themselves were so important; rather, their discovery encouraged physicists to believe that there were many new things to be discovered, especially by studying radiation of various sorts. And discoveries did follow in quick succession. At Paris in 1896 Henri Becquerel discovered radioactivity. At Cambridge in 1897 J. J. Thomson measured the deflection of cathode rays by electric and magnetic fields and interpreted the results in terms of a fundamental particle, the electron, present in all matter, not only in cathode rays. At Bern in 1905 Albert Einstein (while still excluded from academic employment) presented a new view of space and time in his special theory of relativity, suggested a new way of demonstrating the existence of atoms, and interpreted earlier work of Max Planck on heat radiation in terms of a new elementary particle, the particle of light later called the photon. A little later, in 1911, Ernest Rutherford used the results of experiments with radioactive elements in his Manchester laboratory to infer that atoms consist of small massive nuclei surrounded by clouds of electrons. And in 1913 the Dane Niels Bohr used this atomic model and Einstein’s photon idea to explain the spectrum of the simplest atom, that of hydrogen.

**Complacency gave way to excitement; physicists began to feel that a final theory unifying at least all physical science might soon be found.**

302. Already in 1902, the previously complacent Michelson could proclaim: 'The day appears not far distant when the converging lines from many apparently remote regions of thought will meet on . . . common ground. Then the nature of the atoms, and the forces called into play in their chemical union; the interactions between these atoms and the non-differentiated ether as manifested in the phenomenon of light and electricity; the structures of the molecules; and molecular systems of which the atoms are the units; the explanation of cohesion, elasticity, and gravitation – all these will be marshalled into a single and compact body of scientific knowledge.' Where before Michelson had thought that physics was already complete because he did not expect physics to explain chemistry, now he expected a quite different completion in the near future, encompassing chemistry as well as physics.

**333. This was still a bit premature. The dream of a final unifying theory really first began to take shape in the mid-1920s, with the discovery of quantum mechanics.** This was a new and unfamiliar framework for physics in terms of wave functions and probabilities instead of the particles and forces of Newtonian mechanics.

(...)

. But the success of quantum mechanics in calculating the properties of very simple molecules made it clear that chemistry works the way it does because of the laws of physics. **Paul Dirac, one of the founders of the new quantum mechanics, announced triumphantly in 1929 that 'the underlying physical laws necessary for the mathematical theory of a larger part of physics and the whole of chemistry are thus completely known, and the difficulty is only that the application of these laws leads to equations much too complicated to be soluble.'**

355. Soon thereafter a strange new problem appeared. The first quantum-mechanical calculations of atomic energies had given results in good agreement with experiment. But when quantum mechanics was applied not only to the electrons in atoms but also to the electric and magnetic fields that they produce, it turned out that the atom had an infinite energy! Other infinities appeared in other calculations, and

for four decades this absurd result appeared as the greatest obstacle to progress in physics. In the end the problem of infinities turned out to be not a disaster, but rather one of the best reasons for optimism for progress toward a final theory. When proper care is given to the definition of masses and electric charges and other constants the infinities all cancel, but only in theories of certain special kinds. We may thus find ourselves led mathematically to part or all of the final theory, as the only way of avoiding these infinities. **Indeed, the esoteric new theory of strings may already have provided the unique way of avoiding infinities when we reconcile relativity (including general relativity, Einstein's theory of gravitation) with quantum mechanics. If so, it will be a large part of any final theory.**

Análise: A sequência de seis fragmentos de textos negritados mostra os momentos que, segundo o autor, marcaram os altos e baixos da busca por uma Teoria Final na era moderna: partindo de Newton, com a abrangência de suas leis de movimento, passa pela sensação existente ao final do século XIX, de que a Física estava completa e que a missão dos próximos físicos era buscar “a próxima casa decimal”; segue pela sucessão de “descobertas” ocorridas a partir de 1895, em Física, que marcaram toda a mudança de paradigma do século XX, chegando a uma Teoria Final começar a “tomar forma” com a Mecânica Quântica, a partir de 1920; destaca a anúnciação de que a teoria estava praticamente completa, feita por Dirac em 1929, e culmina citando a teoria das cordas.

**370 I do not mean to suggest that the final theory will be deduced by pure mathematics. After all, why should we believe that either relativity or quantum mechanics is logically inevitable? It seems to me that our best hope is to identify the final theory as one that is so rigid that it cannot be warped into some slightly different theory without introducing logical absurdities like infinite energies.**

Análise: Aqui o autor destaca que a Teoria Final vai além de uma pura dedução matemática e defende que essa teoria seria tão rígida que não se reduziria a uma outra sem a introdução de absurdos lógicos como energias infinitas.

**376 There is further reason for optimism in the peculiar fact that progress in physics is often guided by judgments that can only be called aesthetic. This is very odd. Why should a physicist's sense that one theory is more beautiful than another be a useful guide in scientific research? There are several possible reasons for this, but one of them is special to elementary particle physics: the beauty in our present theories may be 'but a dream' of the kind of beauty that awaits us in the final theory.**

Análise: Aqui o autor liga a questão da beleza com o alcance de uma Teoria Final. Após questionar o estranho fato de que a questão da estética, da beleza, serve de guia para a pesquisa científica, destaca que, em particular para a física de partículas elementares, essa questão pode ser um indício da beleza que se espera em uma Teoria Final.

383. In our century it was Albert Einstein who most explicitly pursued the goal of a final theory. As his biographer Abraham Pais puts it, 'Einstein is a typical Old Testament figure, with the Jehovah-type attitude that there is a law and one must find it.' The last thirty years of Einstein's life were largely devoted to a search for a so-called unified field theory that would unify James Clerk Maxwell's theory of electromagnetism with the general theory of relativity, Einstein's theory of gravitation. Einstein's attempt was not successful, and with hindsight we can now see that it was misconceived. Not only did Einstein reject quantum mechanics; the scope of his effort was too narrow. Electromagnetism and gravitation happen to be the only fundamental forces that are evident in everyday life (and the only forces that were known when Einstein was a young man), but there are other kinds of force in nature, including the weak and strong nuclear forces. Indeed, the progress that has been made toward unification has been in unifying Maxwell's theory of the electromagnetic force with the theory of the weak nuclear force, not with the theory of gravitation,

where the problem of infinities has been much harder to resolve. Nevertheless Einstein's struggle is our struggle today. It is the search for a final theory.

**399. Talk of a final theory seems to enrage some philosophers and scientists. One is likely to be accused of something awful, like reductionism, or even physics imperialism. This is partly a reaction to the various silly things that might be meant by a final theory, as for instance that discovery of a final theory in physics would mark the end of science. Of course a final theory would not end scientific research, not even pure scientific research, nor even pure research in physics. Wonderful phenomena, from turbulence to thought, will still need explanation whatever final theory is discovered. The discovery of a final theory in physics will not necessarily even help very much in making progress in understanding these phenomena (though it may with some). A final theory will be final in only one sense – that it will bring to an end a certain sort of science, the ancient search for those principles that cannot be explained in terms of deeper principles.**

Análise: O autor demarca o único sentido em que a Teoria Final será de fato o fim: a de que princípios podem ser explicados por princípios mais profundos. Nega, nesse momento, que seria o fim da pesquisa científica.

### 5. 3.3 - ANÁLISE DE DISCURSO DO TEXTO 3

#### “UNIFICAÇÃO: UMA CRÍTICA”

Marcelo Gleiser

(...)

69. Como venho argumentando, **a Teoria Final é uma construção da mente humana, um mito monoteísta** que inspirou Tales, Kepler, Einstein e tantos outros até nossos dias, com pouca justificativa na realidade física que conhecemos. A alternativa impensável e até ofensiva para muitos é que jamais chegaremos a essas teorias, que **esse tipo de unificação simplesmente não existe**.

Análise: Aqui o autor atribui a busca por uma Teoria Final a uma construção exclusiva da mente humana, algo subjetivo, fruto exclusivo do monoteísmo, que se baseia no princípio da unicidade. Questiona fortemente a existência da unificação e, portanto, da busca por ela. Mas, em seu discurso, é importante destacar o termo “como venho argumentando”, que registra que já vem publicizando essa posição ao longo do tempo. Além disso, considera que, para muitos, ainda é inquestionável o alcance de uma Teoria Final. O mais interessante, porém, é o uso da palavra “ofensiva”, já que, no seu entendimento, considera um certo fator de ordem mesmo “emocional” presente nos defensores do alcance de uma TOE, capaz de levá-los, até mesmo, a ofenderem-se.

(...)

80. No início da minha carreira, quando era um Unificador devoto, Einstein era a minha inspiração principal, mas não a única. Outros pioneiros da física também buscaram a unificação, validando a minha escolha. Heisenberg, Pauli, Schrödinger ... Como esses gênios poderiam estar errados após estarem certos sobre tantas coisas? Impossível! Publiquei mais de 60 artigos em assuntos relacionados à unificação, fui a dezenas de conferências pelos quatro cantos do mundo, dei centenas de seminários e palestras. Dediquei uma década às teorias de unificação e

à sua formulação em espaços com mais de três dimensões. Junto com meu orientador de doutorado, J. G. Taylor, até escrevi um dos primeiros artigos aplicando a teoria das supercordas ao Big Bang , ainda em 1985. Mesmo assim, apesar de toda essa atividade, no início da década de 1990 comecei a pensar de modo diferente dos meus colegas. Preocupava-me muito o fato de que a maioria das ideias que estávamos propondo eram tão remotas e abstratas que provavelmente jamais seriam testadas. **Caso isso fosse verdade, como saber se faziam sentido? Será que evidência indireta é suficiente em física?** Dedicar toda uma carreira a ideias que provavelmente nunca poderão ser validadas **me parecia oposto ao ideal de ser físico**. O cacife ficou alto demais. Por outro lado, o prêmio era tão valioso, a ideia tão instigante, que era perfeitamente compreensível que tantos seguissem por esse caminho. Será que eu devia ir junto?

Análise: Aqui o autor mostra que considera que há necessidade de sentido na busca pelo entendimento da natureza, em particular para, na busca por uma teoria unificadora. Em especial, vincula esse “sentido”, para uma teoria física, à necessidade de validação. Considera que, dado a inviabilidade dessa validação para as discussões envolvendo mais de três dimensões e supercordas, essas ideias não condizem com o que considera a prática de um físico. Ao mesmo tempo, mostra profunda compreensão com os que trilham o caminho dessa busca, dado o valor dela, e mostra que vivenciou conflito quanto à sua posição ao dizer “Será que eu devia ir junto?”.

100. Mesmo que, inicialmente, tenha evitado pensar no assunto, aos poucos a noção de que a Teoria Final era uma fantasia começou a tomar corpo. A virada deu-se em 2002, quando eu e minha esposa construímos uma casa no meio de um bosque situado a 25 quilômetros de Dartmouth, a universidade onde leciono nos Estados Unidos. Nenhum vizinho à vista, só o solene monte Ascutney à distância e o magnífico rio Connecticut, fluindo impérvio às nossas questões existenciais. A Natureza nos espiava constantemente pelas janelas exageradas da casa, impossível de ser ignorada. Pela primeira vez na vida, vislumbrei o mundo com os olhos bem abertos, sem uma teoria preconcebida para guiar meus pensamentos. Vi que as árvores nunca se bifurcam de forma perfeita, que as nuvens não são esféricas, e que as estrelas se distribuem no céu noturno sem qualquer padrão aparente.

**Entendi que a ordem que impomos na Natureza é a ordem que tanto queremos nas nossas vidas.**

Análise: O autor, movido a mudanças em sua vida, em particular, mudança para viver em local mais reservado, cercado pela natureza, mais contemplativo, que, a seu ver lhe permitiu “vislumbrar o mundo de olhos bem abertos”, caminha para um entendimento de que a “a ordem” na Natureza é uma ilusão, “é imposta” e, entende essa busca como espelho da ordem que o ser humano deseja para a própria vida.

112. O Deus de Spinoza e de Einstein; os sólidos de Kepler; a “mente de Deus” das teorias da física moderna. **Certamente existem leis naturais que refletem padrões de comportamento organizado que observamos no mundo. Mas será que essas leis são mesmo o cerne da realidade física? Ou será que são descrições lógicas que nós criamos para representá-la da melhor forma possível?**

Análise: Aqui o autor apresenta sua negação à visão realista da ciência, negando que suas leis espelhem o que ocorre realmente no mundo natural, sendo apenas descrições representativas da realidade embebedas de formalismo lógico. Coloca como construções da mente humana a ordem que vemos no mundo, assim como as leis da ciência.

117. Recentemente, aprendemos muito sobre as nossas origens. **Aprendemos que o Universo está em expansão acelerada, que o tempo teve um começo, que podemos traçar a nossa existência a uma assimetria essencial entre as partículas de matéria e de antimatéria, que apenas através de mutações genéticas a vida pode se adaptar e florescer.** Aprendemos que, sem essas e outras imperfeições, átomos, galáxias e pessoas não existiriam. **Mesmo assim, ainda que de posse de toda essa evidência, muitos dos meus colegas, enfeitiçados pelo Encantamento Iônico, continuam a acreditar na beleza abstrata da Teoria Final, na existência de uma verdade final que um dia nos será revelada em toda a sua glória, o êxtase do intelecto humano.**

Análise: O autor elenca uma série de fatos científicos recentes, embuídos de imperfeições e assimetrias que, para ele, são evidências da inviabilidade de se chegar a uma Teoria Final. Destaca que essa teoria seria imbuída de beleza abstrata. Chega a ser, interpretação nossa, meio irônico, ao dizer sobre a “existência de uma verdade final que nos será revelada em toda a sua glória, o êxtase do intelecto humano”.

127. No inverno do mesmo ano em que nos mudamos para a casa no bosque, fui caminhar com minha filha sob a luz da Lua cheia. Poucas paisagens que tive o privilégio de ver na minha vida se equiparam ao esplendor do reflexo azulado da Lua nos campos nevados. Minha filha olhava, boquiaberta, para o céu e para a neve em seus pés. De repente, pegou um punhado de neve e fez a luz da Lua refletir em alguns flocos, como se fossem pequenos diamantes.

133. “Pai”, ela disse, “por que dois flocos nunca são iguais mas todos têm seis pontas?” A questão não era nova, claro. O próprio Kepler, em 1611, havia ponderado sobre a belíssima simetria dos flocos de neve. Mas essa era a minha filha, então com seis anos, intuindo um fato essencial: **simetrias podem se manifestar nas coisas que vemos, mas não explicam a incrível diversidade do mundo natural.** Cada floco tem seis pontas, como vimos, devido às simetrias da molécula de água e seus arranjos cristalinos. Mas cada floco é uma obra de arte única, esculpido por condições fora de equilíbrio térmico.

Análise: O autor reforça seu entendimento de que, mesmo a simetria estando presente no mundo, não dá conta de explicar a diversidade na natureza.

147. Naquele inverno, ficou claro para mim que os que buscam a perfeição de modo geral estão cortejando a musa errada. **Não é a simetria e a perfeição que deveriam estar nos guiando, como fizeram por milênios. Não precisamos buscar a mente de Deus na Natureza e expressá-la através de equações.** A ciência que criamos é apenas isso, nossa criação. **Mesmo que maravilhosa, será sempre limitada pelo que podemos conhecer do mundo. E como nunca poderemos conhecer tudo o que existe, nossa ciência será sempre incompleta.**

**Podemos buscar descrições unificadas de fenômenos naturais e, no caminho, até encontrar algumas unificações parciais. Mas não devemos jamais esquecer que uma unificação final está fora de nosso alcance. Como um peixe, que não consegue conceber a totalidade do oceano, não somos capazes de conceber a totalidade da Natureza. A noção de que existe uma estrutura hipermatemática que determina tudo o que existe no cosmo é uma ilusão platônica (e spinoziana) que não tem qualquer relação com a realidade. É uma tentativa de encontrar Deus, mesmo que metaforicamente, através da lente da ciência. Mesmo que, através da nossa inventividade, tenhamos aprendido tanto sobre o mundo, nossa descrição da realidade será sempre uma obra inacabada. Querer aprender sempre mais reflete a nossa curiosidade. Acreditar poder saber tudo reflete apenas uma ilusão.**

Análise: Aqui o autor expõe a culminância de seus argumentos, sobre a invalidade da busca da grande unificação. Mostra convicção sobre o fato de que nunca conheceremos tudo, que a ciência será sempre incompleta, que nunca descreverá de forma acabada a realidade. Coloca que a simetria e a perfeição não devem ser nossos guias e que não necessitamos expressar a “mente de Deus” através de equações.

### 5.3.4 – ANÁLISE DE DISCURSO DO TEXTO 4

#### INCOMPLETENESS AND THE TOE

Torkel Franzén

1.The TOE is the hypothetical Theory of Everything, which is sometimes thought to be an ideal or Holy Grail of theoretical physics. The incompleteness theorem has been invoked in support of the view that there is no such theory of everything to be had, for example, by eminent physicists Freeman Dyson and Stephen Hawking.

7.In a book review in the New York Review of Books, Dyson writes:

9.Another reason why I believe science to be inexhaustible is Gödel's theorem. The mathematician Kurt Gödel discovered and proved the theorem in 1931. The theorem says that given any finite set of rules for doing mathematics, there are undecidable statements, mathematical statements that cannot either be proved or disproved by using these rules. Gödel gave examples of undecidable statements that cannot be proved true or false using the normal rules of logic and arithmetic. His theorem implies that pure mathematics is inexhaustible. No matter how many problems we solve, there will always be other problems that cannot be solved within the existing rules. Now I claim that because of Gödel's theorem, physics is inexhaustible too. The laws of physics are a finite set of rules, and include the rules for doing mathematics, so that Gödel's theorem applies to them. The theorem implies that even within the domain of the basic equations of physics, our knowledge will always be incomplete.

**24.It seems reasonable to assume that a formalization of theoretical physics, if such a theory can be produced, would be subject to the incompleteness theorem by incorporating an arithmetical component. However, as emphasized in [Section 2.3], Gödel's theorem only tells us that there is an incompleteness in the arithmetical component of the theory. The basic equations of physics, whatever they may be, cannot indeed decide every**

**arithmetical statement, but whether or not they are complete considered as a description of the physical world, and what completeness might mean in such a case, is not something that the incompleteness theorem tells us anything about.**

Análise: O autor argumenta opondo-se à visão de Freeman Dyson quanto ao fato de que, por conta do Teorema de Gödel, vê a seguinte inferência: Existe o Teorema de Gödel => a matemática é inexaurível => as regras para fazer física incluem as regras para fazer matemática => logo a física é inexaurível também => não se chega a uma teoria de tudo.

O autor afirma que o Teorema de Gödel não tem nada a ver com a questão de se chegar ou não a uma Teoria Final. Segundo ele, o que o Teorema implica é que há incompletude no “componente aritmético do problema” e que as equações básicas da Física não estão decidindo sobre esse aspecto, ou seja, não há relação entre o Teorema de Gödel e a Teoria Final.

Another invocation of incompleteness goes further:

37. Not to mention there are an infinite number of other attributes of the world which are simply not quantifiable or computable, such as beauty and ugliness, happiness and misery, intuition and inspiration, compassion and love etc. These are completely outside the grasp of any mathematical Theory of Everything. Since scientific theories are built upon mathematical systems, incompleteness must be inherited in all our scientific knowledge as well. The incompleteness theorem reveals that no matter what progress is made in our science, science can never in principle completely disclose Nature.

**46. Here the connection with the actual content of the incompleteness theorem is tenuous in the extreme: “Since scientific theories are built upon mathematical system, incompleteness must be inherited in all our scientific knowledge as well.” This doesn’t follow, since nothing in the incompleteness theorem excludes the possibility of our producing a complete theory of stars, ghosts, and cats all rolled into one, as long as what we say about stars, ghosts,**

**and cats cannot be interpreted as statements about the natural numbers.** That science cannot be expected to disclose to us everything about beauty and ugliness, intuition and inspiration, and so on, is a reasonable view which neither needs nor is supported by Gödel's theorem.

Análise: O autor reforça a falta de relação entre a busca por explicações completas e o Teorema de Gödel, buscando quebrar a visão de que “as teorias científicas são expressas utilizando a matemática, e que, por isso, a incompletude é herdada ao se explicar a natureza”. Afirma que o Teorema de Gödel não exclui a possibilidade de produção de teorias completas sobre estrelas, por ex., assim como essas teorias não podem ser interpretadas em termos de números naturais.

56. Stephen Hawking, in a talk entitled “Gödel and the End of Physics,” also mentions Gödel's theorem:

59. What is the relation between Gödel's theorem, and whether we can formulate the theory of the universe, in terms of a finite number of principles? One connection is obvious. According to the positivist philosophy of science, a physical theory is a mathematical model. So if there are mathematical results that cannot be proved, there are physical problems that cannot be predicted. One example might be the Goldbach conjecture. Given an even number of wood blocks, can you always divide them into two piles, each of which cannot be arranged in a rectangle? That is, it contains a prime number of blocks. Although this is incompleteness of sorts, it is not the kind of unpredictability I mean. Given a specific number of blocks, one can determine with a finite number of trials, whether they can be divided into two primes. But I think that quantum theory and gravity together introduce a new element into the discussion, one that wasn't present with classical Newtonian theory. In the standard positivist approach to the philosophy of science, physical theories live rent-free in a Platonic heaven of ideal mathematical models. That is, a model can be arbitrarily detailed and can contain an arbitrary amount of information, without affecting the universes they describe. But we are not angels who view the universe from the outside. Instead, we and our models

are both part of the universe we are describing. Thus, a physical theory is self-referencing, like in Gödel's theorem. One might therefore expect it to be either inconsistent, or incomplete. The theories we have so far, are both inconsistent, and incomplete.

**82. Here the upshot is that physical theory is “self-referencing,” apparently in the sense that physical theories are “part of the universe” and that one might therefore expect them to be inconsistent or incomplete, considering that Gödel proved his first incompleteness theorem using a self-referential statement. Again, the relevance of the incompleteness theorem is here at most a matter of inspiration or metaphor.**

Análise: O autor argumenta opondo-se à visão de Hawking quanto a encontrar um nexos causal entre o fato de que uma teoria física é “auto-referenciada” e que o Teorema de Gödel usa proposições auto-referenciadas também e, como essas são incompletas, as teorias físicas também o seriam. Continua afirmando que não há relação entre essa duas realidades.

But Hawking also touches on another subject, the relevance of arithmetic to predictions about the outcome of physical experiments. Given 104, 729 wooden blocks, will we succeed in an attempt to arrange them into a rectangle? A computation shows 104, 729 to be a prime, so we conclude that no such attempt will succeed. Or, to take a somewhat more realistic example, consider the 15-puzzle, the still-popular sliding square puzzle that Sam Lloyd introduced in 1873, which has long been a favorite among AI researchers when testing heuristic search algorithms. Lloyd offered a \$1,000 reward for the solution of the “15-14 problem,” the problem of rearranging the squares so that only the last two squares were out of place. He well knew that his money was not at risk, since a combinatorial argument shows that the problem has no solution. Thus, he could set people to work on the problem and confidently predict, on the basis of arithmetical reasoning, the eventual outcome (their giving up).

100. Do such examples show that arithmetical incompleteness can entail an incompleteness in our description of the physical world? Not really. Suppose the

Diophantine equation  $D(x_1, \dots, x_n) = 0$  has no solution, but this fact is not provable in our mathematics. We then have no basis for a prediction of the outcome of any physical experiment describable as “searching for a solution of the equation  $D(x_1, \dots, x_n) = 0$ .” (Such an experiment might consist in people rearranging wooden blocks or doing pen-and-paper calculations, or it might consist in having a computer execute a program.) This does not, however, indicate any incompleteness in our description of the physical systems involved. Our predictions of the outcome of physical experiments using arithmetic are based on the premise that arithmetic provides a good model for the behavior of certain actual physical systems with regard to certain observable properties (which in particular implies that physical objects like blocks of wood have a certain stability over time, that there are no macroscopic tunneling effects that render arithmetic inapplicable, that eggs do not spontaneously come into existence in baskets, and so on). The relevant description of the physical world amounts to the assumption that this premise is correct. The role of the arithmetical statement is as a premise in the application of this description to arrive at conclusions about physical systems.

Análise: O autor argumenta opondo-se à visão de Hawking quanto a encontrar um nexo causal entre a relevância das previsões aritméticas para resolver problemas físicos. Continua afirmando que não há relação entre essas duas realidades, afirmando que a aritmética oferece um bom modelo para o comportamento de certos sistemas físicos e apenas isso.

### 5. 3. 5 - ANÁLISE DE DISCURSO DO TEXTO 5

#### "Gödel and the end of physics"

Stephen Hawking

(...)

**172.Up to now, most people have implicitly assumed that there is an ultimate theory, that we will eventually discover.Indeed, I myself have suggested we might find it quite soon. However, M-theory has made me wonder if this is true. Maybe it is not possible to formulate the theory of the universe in a finite number of statements. This is very reminiscent of Goedel's theorem. This says that any finite system of axioms, is not sufficient to prove every result in mathematics.**

Análise: O autor faz uma inferência entre o fato de que, uma teoria final (como a Teoria M, será baseada em um número finito de axiomas e que, o Teorema de Gödel afirma que, qualquer sistema com número finito de axiomas não será suficiente para provar qualquer resultado matemático,

179.Goedel's theorem is proved using statements that refer to themselves. Such statements can lead to paradoxes.an example is, this statement is false. If the statement is true, it is false.and if the statement is false, it is true. Another example is, the barber of Corfoo shaves every man who does not shave himself. Who shaves the barber? If he shaves himself, then he doesn't, and if he doesn't, then he does. Goedel went to great lengths to avoid such paradoxes, by carefully distinguishing between mathematics, like  $2+2=4$ ,and meta mathematics, or statements about mathematics, such as mathematics is cool, or mathematics is consistent. that is why his paper is so difficult to read.but the idea is quite simple. First, Goedel showed that each mathematical formula, like  $2+2=4$ , can be given a unique number, the Goedel number. The Goedel number of  $2+2=4$ , is \*. Second, the meta mathematical statement, the sequence of formulas A, is a proof of the formula B, can be expressed

as an arithmetical relation between the Goedel numbers for A- and B. Thus meta mathematics can be mapped into arithmetic, though I'm not sure how you translate the meta mathematical statement, 'mathematics is cool'. Third and last, consider the self referring Goedel statement, G. This is, the statement G can not be demonstrated from the axioms of mathematics. Suppose that G could be demonstrated. Then the axioms must be inconsistent, because one could both demonstrate G, and show that it can not be demonstrated. On the other hand, if G can't be demonstrated, then G is true. By the mapping into numbers, it corresponds to a true relation between numbers, but one which can not be deduced from the axioms. Thus mathematics is either inconsistent, or incomplete. The smart money, is on incomplete.

**202. What is the relation between Goedel's theorem, and whether we can formulate the theory of the universe, in terms of a finite number of principles. One connection is obvious. According to the positivist philosophy of science, a physical theory, is a mathematical model. So if there are mathematical results that can not be proved, there are physical problems that can not be predicted. One example might be the Golbach conjecture. Given an even number of wood blocks, can you always divide them into two piles, each of which can not be arranged in a rectangle. That is, it contains a prime number of blocks.**

**210. Although this is incompleteness of sort, it is not the kind of unpredictability I mean. Given a specific number of blocks, one can determine with a finite number of trials, whether they can be divided into two primes. But I think that quantum theory and gravity together, introduces a new element into the discussion, that wasn't present with classical Newtonian theory. In the standard positivist approach to the philosophy of science, physical theories live rent free in a Platonic heaven of ideal mathematical models. That is, a model can be arbitrarily detailed, and can contain an arbitrary amount of information, without affecting the universes they describe. But we are not angels, who view the universe from the outside. Instead, we and our models, are both part of the universe we are describing. Thus a physical theory, is self referencing, like in Goedel's theorem. One might therefore expect it to be either inconsistent, or incomplete. The theories we have so far, are both inconsistent, and incomplete.**

Análise: O autor argumenta se podemos formular uma teoria do universo em termos de um número finito de princípios e que uma teoria física é um modelo matemático, e que como há resultados matemáticos que não podem ser provados, há problemas físicos que não podem ser preditos. Também argumenta o fato de que uma teoria física é “auto-referenciada” e que o Teorema de Gödel usa proposições auto-referenciadas também e, como essas são incompletas, as teorias físicas também o seriam.

224. Quantum gravity is essential to the argument. The information in the model, can be represented by an arrangement of particles. According to quantum theory, a particle in a region of a given size, has a certain minimum amount of energy. Thus, as I said earlier, models don't live rent free. They cost energy. By Einsteins famous equation,  $E = mc^2$ , energy is equivalent to mass. And mass causes systems to collapse under gravity. It is like getting too many books together in a library. The floor would give way, and create a black hole that would swallow the information. Remarkably enough, Jacob Bekenstein and I, found that the amount of information in a black hole, is proportional to the area of the boundary of the hole, rather than the volume of the hole, as one might have expected. The black hole limit on the concentration of information, is fundamental, but it has not been properly incorporated into any of the formulations of M theory that we have so far. They all assume that one can define the wave function at each point of space. But that would be an infinite density of information, which is not allowed. On the other hand, if one can't define the wave function point wise, one can't predict the future to arbitrary accuracy, even in the reduced determinism of quantum theory. What we need, is a formulation of M theory, that takes account of the black hole information limit. But then our experience with supergravity and string theory, and the analogy of Goedels theorem, suggest that even this formulation, will be imcomplete.

**243. Some people will be very disappointed if there is not an ultimate theory, that can be formulated as a finite number of principles. I used to belong to that camp, but I have changed my mind. I'm now glad that our search for understanding will never come to an end, and that we will always have the challenge of new discovery. Without it, we would stagnate. Gödel's theorem ensured there would always be a job for mathematicians. I think M theory will do the same for physicists. I'm sure Dirac would have approved.**

Análise: O autor afirma que mudou de opinião quanto ao alcance de uma Teoria Final, e que fica feliz quanto ao fato de que nossa busca por entendimento nunca chegará ao fim, tanto por conta do Teorema de Gödel para matemáticos, quanto considera que a Teoria M fará o mesmo para os físicos.

## CAPÍTULO 6

### CONVERGÊNCIAS E DIVERGÊNCIAS ENTRE OS DISCURSOS DOS TEXTOS

*“Se a aparência e a essência das coisas coincidissem, a ciência seria desnecessária.”*

(Karl Marx)

A seguir, apresentamos, portanto, os quadros com os episódios discursivos e as análises de convergência e divergência entre os fragmentos. As informações sobre o autor e sobre as fontes dentre as quais os textos foram retirados encontram-se no Apêndice.

## 6.1 – CATEGORIA 1 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: O PRINCÍPIO DA UNICIDADE

A discussão envolvendo o Princípio da Unicidade foi apresentada no Capítulo 2. Apresentaremos aqui, a partir de fragmentos extraídos dos textos tomados para análise (cuja íntegra encontra-se no Apêndice), as considerações presentes nos textos, assim como as convergências e divergências entre os discursos analisados. As Análises de Discurso, que colocam cada fragmento aqui apresentado dentro de um “texto com um contexto”, são apresentadas no Capítulo 5.

Quadro 2: Episódio Discursivo Categoria 1: o princípio da unicidade

<b>EPISÓDIO DISCURSIVO</b>	
<b>TEXTO</b>	<p>1</p> <p>127.The fact that such a unification is even sought tells us something important about our expectations regarding the Universe. These we must have derived from an amalgam of our previous experience of the world and our inherited religious beliefs about its ultimate nature and significance. <b>Our monotheistic traditions reinforce the assumption that the Universe is at root a unity</b>, that it is not governed by different legislation in different places, neither the residue of some clash of the Titans wrestling to impose their arbitrary wills upon the nature of things, nor the compromise of some cosmic committee.</p>
	<p>2</p> <p>Think of the space of scientific principles as being filled with arrows, pointing toward each principle and away from the others by which it is explained. These arrows of explanation have already revealed a remarkable pattern:</p>

		they do not form separate disconnected clumps, representing independent sciences, and they do not wander aimlessly – rather they are all connected, and if followed backward they all seem to flow from a common starting point. <b>This starting point, to which all explanations may be traced, is what I mean by a final theory</b>
	3	69. Como venho argumentando, <b>a Teoria Final é uma construção da mente humana, um mito monoteísta</b> que inspirou Tales , Kepler, Einstein e tantos outros até nossos dias, com pouca justificativa na realidade física que conhecemos. A alternativa impensável e até ofensiva para muitos é que jamais chegaremos a essas teorias, que <b>esse tipo de unificação simplesmente não existe.</b>
	4	X
	5	172.Up to now, most people have implicitly assumed that there is an ultimate theory, that we will eventually discover. <b>Indeed, I myself have suggested we might find it quite soon. However, M-theory has made me wonder if this is true. Maybe it is not possible to formulate the theory of the universe in a finite number of statements (...)</b> 243. <b>Some people will be very disappointed if there is not an ultimate theory</b> , that can be formulated as a finite number of principles. <b>I used to belong to that camp, but I have changed my mind.</b> I'm now glad that our search for understanding will never come to an end, and that we will always have the challenge of new discovery. Without it, we would stagnate.

Fonte: Elaborado pela autora.

### **Convergências e divergências entre os discursos dos textos - Categoria 1**

Os autores dos textos 1 e 2 defendem posições que levam ao entendimento que uma unificação será alcançada, apesar de apresentarem olhares distintos sobre a questão. Explico: o autor do texto 1 fundamenta sua posição principalmente na tradição monoteísta judaico-cristã, conforme analisamos no Capítulo 5. Já o autor do texto 2, apresenta uma crença mais absoluta, uma visão de concepção quase realista, sobre a questão.

Já os autores dos textos 3 e 5 não acreditam no alcance de uma unificação final, também por motivações diferentes. O autor do texto 3 se fundamenta, principalmente, em uma natureza de caráter eminentemente assimétrico, conforme amplamente comentado no Capítulo 5, na Análise de Discurso do Texto 3. Já o autor do texto 5 se fundamenta no Teorema de Gödel para negar esse encontro de uma Teoria Final (posição conflitante com o autor do texto 4).

## 6.2 – CATEGORIA 2 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: PRINCÍPIO DA SIMETRIA, BELEZA, A ELEGÂNCIA, COMO UM GUIA PARA A FORMULAÇÃO DE TEORIAS CORRETAS

Quadro 3: Episódio Discursivo Categoria 2: princípio da simetria, beleza, a elegância, como um guia para a formulação de teorias corretas

<b>EPISÓDIO DISCURSIVO</b>	
TEXT0	<p style="text-align: center;">1</p> <p><b>Our attraction to that quality which we have come to call ‘beauty’, and which we associate with the detection of innate unity and harmony in the face of superficial diversity, has led us to expect that the unity of the Universe should be expressed in certain particular ways. If we are physicists we might often hear talk of the ‘beauty’ or ‘elegance’ of particular ideas or theories to such an extent that, like Dirac,* we make aesthetic quality a guide or even a prerequisite for the formulation of correct mathematical theories of Nature.</b></p> <p><b>167.The aesthetic imperative of Dirac strikes the life scientist as strange, the more so when he discovers how ineffective physicists, for all their mathematical powers, so often prove to be when they stray into his menagerie. For physicists are used to dealing with the pristine symmetries and fundamental laws of Nature. This habit conditions them to seek and expect symmetry and mathematical elegance everywhere they look. But the living world is not a marble palace. It is the higgledy-piggledy outcome of natural selection and the competition between many interacting factors. The outcome is often neither elegant nor symmetrical.</b></p> <p><b>175.Moreover, in the post-Newtonian discussions regarding the theological relevance of Newton’s successful</b></p>

		<p>description of the world, the existence of conservation laws appears to have played some role in the growth of atheism amongst scientists. Some, like Newton himself, felt that there was need within the Newtonian dynamical model of the known universe (the solar system) for the sustaining and regulating hand of the Deity, but the subsequent discovery of conservation laws indicated that Nature possessed built-in sustaining principles which stopped the world from just ceasing to be. There were fewer roles for the Deity to play than had been believed.</p> <p>(...)</p> <p><b>185.The fact that laws of change can be represented as invariances of the world under all possible changes that respect a particular innate pattern struck a resonant chord with physicists' expectations regarding the presence of symmetry and harmony in Nature. Symmetry has become the dominant theme in fundamental physics. Elementary-particle physics is singularly Platonic in this respect.</b></p>
2		<p>The century now coming to a close has seen in physics a dazzling expansion of the frontiers of scientific knowledge. Einstein's special and general theories of relativity have permanently changed our view of space and time and gravitation. In an even more radical break with the past, quantum mechanics has transformed the very language we use to describe nature: in place of particles with definite positions and velocities, we have learned to speak of wave functions and probabilities. Out of the fusion of relativity with quantum mechanics there has evolved a new view of the world, one in which matter has lost its central role. <b>This role has been usurped by principles of symmetry, some of them hidden from view in the</b></p>

		<p><b>present state of the universe.</b></p> <p>72. We certainly do not have a final theory yet, and we are not likely to discover it soon. But from time to time we catch hints that it is not so very far off. Sometimes in discussions among physicists, <b>when it turns out that mathematically beautiful ideas are actually relevant to the real world, we get the feeling that there is something behind the blackboard, some deeper truth foreshadowing a final theory that makes our ideas turn out so well.</b></p> <p><b>376</b> There is further reason for optimism in the peculiar fact that progress in physics is often guided by judgments that can only be called aesthetic. This is very odd. Why should a physicist's sense that one theory is more beautiful than another be a useful guide in scientific research? There are several possible reasons for this, but one of them is special to elementary particle physics: the beauty in our present theories may be 'but a dream' of the kind of beauty that awaits us in the final theory.</p>
3		<p>117. Recentemente, aprendemos muito sobre as nossas origens. <b>Aprendemos que o Universo está em expansão acelerada, que o tempo teve um começo, que podemos traçar a nossa existência a uma assimetria essencial entre as partículas de matéria e de antimatéria, que apenas através de mutações genéticas a vida pode se adaptar e florescer.</b> Aprendemos que, sem essas e outras imperfeições, átomos, galáxias e pessoas não existiriam. <b>Mesmo assim, ainda que de posse de toda essa evidência, muitos dos meus colegas, enfeitiçados pelo Encantamento Iônico, continuam a acreditar na beleza abstrata da Teoria Final , na existência de uma verdade final que um dia</b></p>

		<p><b>nos será revelada em toda a sua glória, o êxtase do intelecto humano.</b></p> <p>135. Mas essa era a minha filha, então com seis anos, intuindo um fato essencial: <b>simetrias podem se manifestar nas coisas que vemos, mas não explicam a incrível diversidade do mundo natural.</b></p> <p><b>148. Não é a simetria e a perfeição que deveriam estar nos guiando, como fizeram por milênios. Não precisamos buscar a mente de Deus na Natureza e expressá-la através de equações.</b></p>
	4	X
	5	X

Fonte: Elaborado pela autora.

### **Convergências e divergências entre os discursos dos textos - Categoria 2**

Os autores dos textos 1 e 2 defendem posições que legitimam o uso da simetria, da beleza e da estética como guia para encontrar teorias científicas corretas. Porém, o autor do texto 1, coloca que, muitas vezes, essa “guia” não dá conta da explicação do mundo vivo, com sua seleção natural e competição, chamando atenção para que o “resultado” não é elegante, nem simétrico, ou seja, não há “beleza e elegância” para todos os lugares que se olha. Em contrapartida, a presença de invariantes, tornou a questão da simetria o tema dominante em Física. Tão forte que, para esse autor, o papel da fé cega na simetria para a física de partículas é tal que, muitas das vezes, e com base nisso, “impõe as simetrias ao mundo”, Isso se harmoniza com a visão do autor do texto 2, que reforça que a busca pela fusão da Relatividade com a Mecânica Quântica levou a matéria a perder seu papel central e levar o papel da simetria com essencial para a física e, declara sua convicção no alcance de uma Teoria Final, agora relacionando a “intuição” de que há algo por trás do cenário com uma “bela matemática” que é de fato relevante para o “mundo real”. Chega a questionar o fato de que a questão da estética, da beleza, serve de guia para a pesquisa científica, mas destaca que, em particular para a

física de partículas elementares, essa questão pode ser um indício da beleza que se espera em uma Teoria Final.

Já o autor do texto 3, reforça seu entendimento de que, mesmo a simetria estando presente no mundo, não dá conta de explicar a diversidade na natureza. Coloca que a simetria e a perfeição não devem ser nossos guias.

### 6.3 – CATEGORIA 3 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: CRENÇA NA EXISTÊNCIA DE UMA LÓGICA

Quadro 4: Episódio Discursivo Categoria 3: crença na existência de uma lógica

<b>EPISÓDIO DISCURSIVO</b>		
<b>TEXTO</b>	1	137.Our Western religious tradition also endows us with the assumption that things are <b>governed by a logic that exists independently of those things</b> , that laws are externally imposed as though they were the decrees of a transcendent divine legislator.
	2	<b>370 I do not mean to suggest that the final theory will be deduced by pure mathematics. After all, why should we believe that either relativity or quantum mechanics is logically inevitable? It seems to me that our best hope is to identify the final theory as one that is so rigid that it cannot be warped into some slightly different theory without introducing logical absurdities like infinite energies.</b>
	3	113.Certamente <b>existem leis naturais</b> que refletem padrões de <b>comportamento organizado que observamos no mundo</b> . Mas será que essas leis são mesmo o cerne da realidade física? <b>Ou será que são descrições lógicas</b> que nós criamos para representá-la da melhor forma possível?
	4	X
	5	X

Fonte: Elaborado pela autora.

#### Convergências e divergências entre os discursos dos textos - Categoria 3

Os três autores ratificam a crença na existência de uma lógica, mas por fundamentos distintos. O autor do texto 1 concebe a lógica como algo que, em nossa tradição religiosa ocidental, é inerente aos decretos de um único legislador

divido. O autor do texto 2, reforça seu compromisso com a lógica, ao colocar que absurdos lógicos são os impeditivos a não redução da Teoria Final em outras teorias que os contivessem. O autor do texto 3, mesmo negando a visão realista da ciência, colocando as leis como descrições representativas da realidade, não abre mão do formalismo lógico que, mesmo em um contexto descritivo, deve estar presente.

#### 6.4 – CATEGORIA 4 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: CONCEPÇÃO DE QUE “HÁ UM SENTIDO” POR TRÁS DE TUDO

Quadro 5: Episódio Discursivo Categoria 4: concepção de que “há um sentido” por trás de tudo

<b>EPISÓDIO DISCURSIVO</b>	
TEXT0	<p>1</p> <p>1.Many threads entwined to form our concept of a law of Nature. At first, primitive societies and groups were impressed primarily by the irregularities of Nature: mishap, plague, and pestilence. <b>In time, emphasis refocused upon the regularities of the environment and the means by which they could be most fruitfully exploited for advantage. Sense began to emerge from the welter of disparate natural phenomena. The irregularities became exceptions to, rather than conceptions of, the natural state of the world. It emerged that some degree of organization might lurk behind the ordered facets of the world just as it lay behind the ordered results of mankind’s interventions in Nature.</b></p> <p>10.Social and religious views coloured early ideas about the organization of the world. There were many paradigms. <b>For some, the world was a living organism growing and maturing towards some great purposeful culmination. All its constituents contained innate imperatives which moved them to trace out the ways predestined for them.</b> They followed not the rules of some external diktat but the manifestations of their immanent properties. <b>The meanings of things were to be found in their ends, not in their present or past states. For others, the world was a cosmic city, ordered by transcendent laws and rules imposed by a Supreme Being. Moreover, it was a walled city within which order was preserved for our benefit. Beyond its borders lay chaos and evil.</b></p>

	2	x
	3	<b>93. Caso isso fosse verdade, como saber se faziam sentido? Será que evidência indireta é suficiente em física?</b> Dedicar toda uma carreira a ideias que provavelmente nunca poderão ser validadas <b>me parecia oposto ao ideal de ser físico</b> . O cacife ficou alto demais. Por outro lado, o prêmio era tão valioso, a ideia tão instigante, que era perfeitamente compreensível que tantos seguissem por esse caminho. Será que eu devia ir junto?
	4	X
	5	X

Fonte: Elaborado pela autora.

#### **Convergências e divergências entre os discursos dos textos - Categoria 4**

Os dois autores que possuem concepções bem distintas em vários aspectos, como pudemos verificar quando da análise de seus discursos, destacam, nesse caso, uma potencial convergência. Digo potencial, pois, como vimos na análise dos dois fragmentos extraídos do Texto 1, seu autor apresenta seu entendimento de quando a questão do “sentido”, de um “propósito”, passou a permear o entendimento do mundo e a busca humana pelo conhecimento. Não se refere, portanto, à sua própria concepção. Já o autor do Texto 3 é bastante claro quanto a considerar que há necessidade de sentido na busca pelo entendimento da natureza, em especial, na busca por uma teoria unificadora. Em especial, vincula esse “sentido”, para uma teoria física, à necessidade de validação experimental. Isso é bem interessante, mostra o apego do autor à questão da experimentação como condicionante à identificação de “sentido”.

## 6.5 – CATEGORIA 5 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: PRINCÍPIO DA ORDEM

Quadro 6: Episódio Discursivo Categoria 5: princípio da ordem

<b>EPISÓDIO DISCURSIVO</b>	
TEXTO	<p>1</p> <p>1.Many threads entwined to form our concept of a law of Nature. At first, primitive societies and groups were impressed primarily by the irregularities of Nature: mishap, plague, and pestilence. <b>In time, emphasis refocused upon the regularities of the environment and the means by which they could be most fruitfully exploited for advantage. Sense began to emerge from the welter of disparate natural phenomena. The irregularities became exceptions to, rather than conceptions of, the natural state of the world. It emerged that some degree of organization might lurk behind the ordered facets of the world just as it lay behind the ordered results of mankind’s interventions in Nature.</b></p>
	<p>2</p> <p>X</p>
	<p>3</p> <p><b>111.Entendi que a ordem que impomos na Natureza é a ordem que tanto queremos nas nossas vidas. Certamente existem leis naturais que refletem padrões de comportamento organizado que observamos no mundo. Mas será que essas leis são mesmo o cerne da realidade física? Ou será que são descrições lógicas que nós criamos para representá-la da melhor forma possível?</b></p>
	<p>4</p> <p>x</p>
	<p>5</p> <p>X</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

### **Convergências e divergências entre os discursos dos textos - Categoria 5**

Os dois autores, nesse caso, referem-se a visões de mundo bem distintas. Vimos na análise dos dois fragmentos extraídos do Texto 1, que seu autor apresenta entendimento levando em conta quando a questão dos aspectos ordenados do mundo passaram a permear o entendimento deste. Apesar de não termos garantia que essa visão representa a posição do autor, o que realmente importa é que ele afirma que a crença de que “há uma ordem no mundo” permeia a busca humana pelo conhecimento há muito. Essa posição não reflete a visão do autor do Texto 3. Esse entende que “a ordem” na Natureza é uma ilusão, “é imposta” e, entende essa busca como espelho da ordem que o ser humano deseja para a própria vida.

## 6.6 – CATEGORIA 6 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: CONCEPÇÃO DE QUE “EXISTEM LEIS” QUE EXPLICAM O COMPORTAMENTO DA NATUREZA E QUE TEMOS ACESSO A ESSA INVESTIGAÇÃO

Quadro 7: Episódio Discursivo 6: categoria 6: concepção de que “existem leis” que explicam o comportamento da natureza e que temos acesso a essa investigação

<b>EPISÓDIO DISCURSIVO</b>		
<b>TEXTO</b>	1	135. Our Western religious tradition also endows us with the assumption that things are governed by a logic that exists independently of those things, <b>that laws are externally imposed</b> as though they were the decrees of a transcendent divine legislator.
	2	X
	3	113. Certamente <b>existem leis naturais</b> que refletem padrões de <b>comportamento organizado que observamos no mundo</b> . Mas será que essas leis são mesmo o cerne da realidade física? <b>Ou será que são descrições lógicas</b> que nós criamos para representá-la da melhor forma possível?
	4	X
	5	X

Fonte: Elaborado pela autora.

### Convergências e divergências entre os discursos dos textos - Categoria 6

O que temos aqui é uma clara divergência entre as abordagens do autor do Texto 1, que defende a ideia de que, por conta da nossa tradição religiosa ocidental, temos uma concepção externalista da ciência, impostas por um legislador divino. Essa visão é oposta ao do autor do Texto 3, que questiona o fato de as leis descreverem de fato a “realidade física”. Coloca em dúvida essa descrição como uma descrição lógica, uma criação humana adequada para representar a “realidade”. Esse autor afina-se com uma concepção construtivista da ciência, entendendo-a como uma criação humana, voltada para representar a realidade e não retratá-la.

## 6.7 – CATEGORIA 7 PARA APRIMORAMENTO DO OLHAR: ENTENDIMENTO QUANTO AO TEOREMA DE GÖDEL INVIABILIZAR OU NÃO UMA TEORIA DE TUDO

Quadro 8: Episódio Discursivo Categoria 7: entendimento quanto ao Teorema de Gödel inviabilizar ou não uma Teoria de Tudo

EPISÓDIO DISCURSIVO	
1	X
2	<p>59. But this is not all. For physicists whose work deals with elementary particles, there is another motivation, one that is harder to explain, even to ourselves.</p> <p>61. Our present theories are of only limited validity, still tentative and incomplete. <b>But behind them now and then we catch glimpses of a final theory, one that would be of unlimited validity and entirely satisfying in its completeness and consistency.</b></p>
3	X
4	<p>7. In a book review in the New York Review of Books, Dyson writes:</p> <p>9. Another reason why I believe science to be inexhaustible is Gödel's theorem. The mathematician Kurt Gödel discovered and proved the theorem in 1931. The theorem says that given any finite set of rules for doing mathematics, there are undecidable statements, mathematical statements that cannot either be proved or disproved by using these rules. Gödel gave examples of undecidable statements that cannot be proved true or false using the normal rules of logic and arithmetic. His theorem implies that pure mathematics is inexhaustible. No matter how many problems we solve, there will always be other problems that cannot be solved within the existing</p>

TEXTO

		<p>rules. Now I claim that because of Gödel's theorem, physics is inexhaustible too. The laws of physics are a finite set of rules, and include the rules for doing mathematics, so that Gödel's theorem applies to them. The theorem implies that even within the domain of the basic equations of physics, our knowledge will always be incomplete.</p> <p><b>24.It seems reasonable to assume that a formalization of theoretical physics, if such a theory can be produced, would be subject to the incompleteness theorem by incorporating an arithmetical component. However, as emphasized in [Section 2.3], Gödel's theorem only tells us that there is an incompleteness in the arithmetical component of the theory. The basic equations of physics, whatever they may be, cannot indeed decide every arithmetical statement, but whether or not they are complete considered as a description of the physical world, and what completeness might mean in such a case, is not something that the incompleteness theorem tells us anything about.</b></p> <p><b>82.Here the upshot is that physical theory is "self-referencing," apparently in the sense that physical theories are "part of the universe" and that one might therefore expect them to be inconsistent or incomplete, considering that Gödel proved his first incompleteness theorem using a self-referential statement. Again, the relevance of the incompleteness theorem is here at most a matter of inspiration or metaphor.</b></p>
	5	<p><b>172.Up to now, most people have implicitly assumed that there is an ultimate theory, that we will</b></p>

eventually discover. Indeed, I myself have suggested we might find it quite soon. However, M-theory has made me wonder if this is true. Maybe it is not possible to formulate the theory of the universe in a finite number of statements. This is very reminiscent of Goedel's theorem. This says that any finite system of axioms, is not sufficient to prove every result in mathematics.

202. What is the relation between Goedel's theorem, and whether we can formulate the theory of the universe, in terms of a finite number of principles. One connection is obvious. According to the positivist philosophy of science, a physical theory, is a mathematical model. So if there are mathematical results that can not be proved, there are physical problems that can not be predicted. One example might be the Golbach conjecture. Given an even number of wood blocks, can you always divide them into two piles, each of which can not be arranged in a rectangle. That is, it contains a prime number of blocks.

210. Although this is incompleteness of sort, it is not the kind of unpredictability I mean. Given a specific number of blocks, one can determine with a finite number of trials, whether they can be divided into two primes. But I think that quantum theory and gravity together, introduces a new element into the discussion, that wasn't present with classical Newtonian theory. In the standard positivist approach to the philosophy of science, physical theories live rent free in a Platonic heaven of ideal mathematical models. That is, a model can be arbitrarily detailed, and can contain an arbitrary amount of information, without

		<p><b>affecting the universes they describe. But we are not angels, who view the universe from the outside. Instead, we and our models, are both part of the universe we are describing. Thus a physical theory, is self referencing, like in Goedels theorem. One might therefore expect it to be either inconsistent, or incomplete. The theories we have so far, are both inconsistent, and incomplete.</b></p>
--	--	--

Fonte: Elaborado pela autora.

### **Convergências e divergências entre os discursos dos textos - Categoria 7**

Temos aqui posições distintas, diretamente ou indiretamente relacionadas à questão da completude e consistência, e sua translação adequada ou não, para o contexto de uma Teoria Final. O autor do Texto 1 declara sua total sua convicção no alcance de uma Teoria Final, de validade ilimitada, e que seria consistente e completa.

No Texto 5, são apresentadas duas visões, de físicos renomados, Freeman Dyson e Stephen Hawking, que argumentam que, por conta do Teorema de Gödel, não será possível uma Teoria de Tudo. O primeiro vê a seguinte inferência: Existe o Teorema de Godel =>a matemática é inexaurível => as regras para fazer física incluem as regras para fazer matemática -> logo a física é inexaurível também => não se chega a uma teoria de tudo. Já Hawking argumenta principalmente que uma teoria física é “auto-referenciada” e que o Teorema de Gödel usa proposições auto-referenciadas também e, com essas são incompletas, as teorias físicas também o seriam. Além disso, faz uma inferência entre o fato de que, uma teoria final (como a Teoria M, será baseada em um número finito de axiomas e que, o Teorema de Gödel afirma que, qualquer sistema com número finito de axiomas não serão suficientes para provar qualquer resultado matemático.

Mas o autor do texto, Torkel Franzén, busca desconstruir essas duas visões, argumentando que o Teorema de Godel não tem nenhuma relação com a questão de se chegar ou não a uma Teoria Final. Segundo ele, o que o Teorema implica é

que há incompletude no “componente aritmético do problema” e que as equações básicas da Física não estão decidindo sobre esse aspecto, ou seja, não há relação entre o Teorema de Gödel e a Teoria Final.

## CONCLUSÃO

Como dissemos, o que esperamos aqui foi, além de o objetivo de dar conta de legitimar a presença de determinados princípios e concepções (apresentados no capítulo 2) na visão de mundo de cientistas, o que aqui buscamos foi trazer, principalmente, com esse material, uma metodologia de “aprimoramento do olhar” que, nesse caso, foi voltada para identificar esses princípios e as concepções presentes nas visões de mundo de pensadores e cientistas que buscaram, ao longo da História do Pensamento Ocidental, propor ideias, modelos ou teorias de unificação, ou “teorias de tudo” sobre o comportamento da natureza. .

Quando da proposta de usar a Análise de Discurso para operacionalizar esse processo, vale dizer que foi selecionada por sinalizar-se adequada. Ao aplicá-la, pudemos verificar que se mostrou mais do que isso, mas que, ao realizar as convergências e divergências entre os diversos entendimentos sobre os princípios abordados, chegamos a um panorama bastante objetivo e recortado sobre os múltiplos olhares e princípios relacionados. Pensamos que chegamos, de fato, a uma conclusão. Conclusão sobre a presença de princípios e concepções nos discursos de cientistas e pensadores, sobre a multiplicidade, que caminha para convergências ou visões totalmente antagônicas, além de apresentar uma metodologia que consideramos que funciona e atende seus propósitos.

O que quisemos foi agregar mais um trabalho ao repertório de pesquisas e reflexões a respeito do entendimento da ciência como uma construção humana, fruto de visões de mundo presentes em um contexto sócio-econômico e cultural

específico. Por isso, buscamos trazer uma discussão que contribuísse para a tomada de consciência por parte dos atores principais da construção do conhecimento científico atual do quanto suas visões de mundo são impregnadas de princípios e concepções diversos, não sendo jamais neutras, mas fruto de visões dogmáticas, subjetivas e reflexos de determinados contextos.

Por fim, consideramos que, após as inúmeras pesquisas realizadas sobre a busca humana por uma Teoria de Tudo, cabe uma breve colocação sobre o que pensamos a respeito da questão, ou seja, consideramos que o ser humano alcançará uma Teoria Final?

Em resposta direta, pensamos que essa busca não se concretizará. Nem de longe por conta do Teorema de Gödel, mas por considerar que nossas leis e descrições da natureza não espelham o retrato da “realidade”, mas são apenas modelagens que formam uma descrição adequada do mundo, em determinado momento sócio-histórico. Por isso, sempre serão recortes de algo maior. Penso que sempre teremos paradigmas sendo quebrados para que novas abordagens se mostrem mais apropriadas.

Entretanto, o que se pensa, não é o que se deseja. Os desejos humanos não são espelhos do que o pensamento considera. Assim, navega essa pesquisadora entre a esperança na existência do divino e no pensamento apontando para o acaso. Entre a mesma esperança em que a existência humana tenha um sentido, e a razão apontando probabilisticamente para o absurdo.

Assim, entre Deus e o acaso, entre o sentido e o absurdo, gostaríamos, profundamente, que essa busca fosse atingida e levasse ao alcance de uma Teoria Final. Mas, consideramos, essa busca é poesia, sonho, mas alimenta a alma.

Enfim, há uma frequente reflexão que nos vem que, considerando que há uma maior probabilidade de vivermos sob a égide da ausência total de sentido na existência, a busca de propósito, tão humana, é apenas uma forma de vivermos sem encararmos a dura realidade da morte, única certeza de fato que temos pela frente.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, F.; *Uma biografia do Universo: do big bang à desintegração final*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 2001.

BARROW, J. D.; *New Theories of Everything: the quest for ultimate explanation*, 2nd Edition, New York: Oxford University Press Inc., 2007. ,

BARROW, J. D.; 2. *Teorias de Tudo: a busca da explicação final*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 1994.

BASTOS, C.L.; *Filosofia da Ciência*. Petrópolis: Vozes, 2008.

BRENNAN, R.P.; *Gigantes da física: uma história da física moderna através de oito biografias*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

CAMUS, A, “O Mito de Sisifo”, 6ª edição. Rio de Janeiro: Record 1942;

CHAUÍ, M. *Convite à Filosofia*. São Paulo, Ed. Ática, 2003. – 13ª edição.

COSTA, I. A formação do professor de física na UFF: construção e influência da parceria com a Escola Básica, tese de doutorado, Universidade Federal Fluminense, Faculdade de Educação, 2012.

DIRAC, P. A. M, *the relation between mathematics and physics*. Disponível em <http://mcs.une.edu.au/~pmth331/PapersOfInterest/The%20Relation%20between%20Mathematics%20and%20Physics%20.pdf>. Acesso em dezembro de 2014.

DIRAC, P. A. M , *Quantized Singularities in the Electromagnetic Field*, Proceedings of the Royal Society of London. Series A 1931 133 60-72; DOI: 10.1098/rspa.1931.0130. Published 1 September 1931

DIRAC, P. The Evolution of the Physicist’s Picture of Nature, Scientific American, Maio, 1963, republicado em 2506/2010, em <http://blogs.scientificamerican.com/guestblog/theevolutionofthephysicistspictureofnature/>. Acesso em dezembro de 2014.

FEYNMAN, R. “The Character of Physical Law”, London: Penguin Group, 1965

FRANZÉN, T. ; *Gödel’s theorem: an incomplete guide to its use and abuse*. . Wellesley, MA, USA, 2005.

GEE, James Paul. *How to Do Discourse Analysis: a toolkit*. New York, London: Routledge, 2010a.

\_\_\_\_\_. *An Introduction to Discourse Analysis: theory and method*. 3rd. ed. .Mimeo, oferta do autor, 2010b.

\_\_\_\_\_. An Introduction to Discourse Analysis: theory and method. 2nd. ed.. New York, London: Routledge, Taylor and Francis Group, 2005.

\_\_\_\_\_. An Introduction to Discourse Analysis: theory and method. New York, London: Routledge, 1999.

GLEISER, M, “Criação Imperfeita”, 4ª edição. Rio de Janeiro: Record 2010; GUERRA, A, FREITAS, J., REIS, J.C., BRAGA, M.; *Galileu e o nascimento da ciência moderna. São Paulo: Atual, 1997.*

GREENE, B.; *O Universo elegante.* São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

HAWKINS, S. W.; *O Universo numa casca de noz.* São Paulo: Mandarin, 2001.  
\_\_\_\_\_. *O futuro do espaço-tempo.* São Paulo: Companhia das Letras, 2005

KOEHLER, C. B. G.; *A Filosofia Natural em transformação: da unanimidade mecanicista à pluralidade da visão clássica de natureza*”. Livro de Anais do Scientiarum Historia II –UFRJ. Rio de Janeiro, 2009, p. 15.

LONGAIR, M. S.; *As origens do nosso universo.* Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 1994.

MACMAHON, D. “String Theory Demystified”, New York: The McGraw-Hill Companies, 2009.

MENEZES, L. C. DE; *A Matéria uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico.*, São Paulo, Editora Livraria da Física, 2005 – 1ª edição.

MOORE, A.W.; *The Infinite.* London and New York: Routledge, 2001.

NAGEL, E., NEWMAN, J; *Prova de Gödel,* São Paulo, Editora da USP, 1973. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 2001.

PENROSE, R , HAWKING, S. *The Nature of Space and Time,* Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1996

RONAN, C.; *História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge.* Vol. I a IV.

ROSA, L.P. *Tecnociências e humanidades: novos paradigmas, velhas questões.* São Paulo: Editora Paz e Terra, 2005.

RUSSEL, B.; *História do pensamento ocidental.* Rio de Janeiro: Ediouro, 2003.

SALAM, A.; HEISENBERG, W.; DIRAC, P.A.M.; *A unificação das forças*

SCIENTIFICAN AMERICAN BRASIL. São Paulo: DUETTO, v. 45, fevereiro de 2006.  
Disponível em

[http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/mitos\\_e\\_estacees\\_no\\_ceu\\_tupi-guarani\\_6.html](http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/mitos_e_estacees_no_ceu_tupi-guarani_6.html). Acesso em fevereiro de 2014.

TOULMIN, S, *The fabric of heavens*, The University of Chicago Press, Chicago , 1999

VÁRIOS COLABORADORES, **O Livro da Filosofia**, São Paulo: Globo, 2011.

WEINBERG, S., *Dreams of a Final Theory: The Search for the Fundamental Laws of Nature*. Hutchinso Radius, Great Britain, 1993.

WEINBERG, S., *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe*

WOIT, P, “Not Even Wrong”, London: Jonathan Cape

## ENDEREÇOS ELETRÔNICOS

American Museum of Natural History - <http://www.amnh.org/explore/news-blogs/news/watch-the-2011-isaac-asimov-memorial-debate-the-theory-of-everything>. Acesso em agosto de 2014.

Info Escola – <http://www.infoescola.com/linguistica/analise-do-discurso>. Acesso em janeiro de 2015

Observatório Nacional - <http://resenha-on.blogspot.com.br/2011/03/teoria-de-tudo-fato-ou-fantasia.html>. Acesso em agosto de 2014.

The New York Review of Books - <http://www.nybooks.com/articles/archives/2004/may/13/the-world-on-a-string/>. Acesso em junho de 2014

Marcelo Gleiser  
<http://marcelogleiser.com/>  
Acesso em fevereiro de 2015

HAWKING, S.; Gödel and the end of physics, disponível em <http://www.damtp.cam.ac.uk/events/strings02/dirac/hawking/>. Acesso em fevereiro de 2015.

“UMA VIAGEM INFORMAL AO TEOREMA DE GÖDEL ou (*O preço da matemática é o eterno matemático*) – Ricardo Kubrusky - <http://im.ufrj.br/~risk/diversos/godel.html> . Acesso em janeiro de 2015.

Wikipedia – <http://pt.wikipedia.org> – Acesso em janeiro de 2015.

**APÊNDICE – TEXTOS TOMADOS PARA AS ANÁLISES DO  
DISCURSO**

## TEXTO 1: LEIS

### (COM OS DESTAQUES CUJOS DISCURSOS ANALISADOS)

**SOBRE O AUTOR:** John David Barrow (Inglaterra, 29 November 1952) é físico teórico cosmologista e matemático. Atua como professor na Universidade de Cambridge, tendo como interesses Cosmologia e Física de Partículas, modelos cosmológicos quânticos, universos inflacionários, detecção de não-bariônica partículas de matéria escura, anisotropia e modelos cosmológicos não homogêneos, aspectos cosmológicos das teorias de gravitação, história e filosofia da ciência. Atua também como divulgador científico, sendo autor de vários livros.

**SOBRE O TEXTO:** O texto corresponde ao Capítulo 2 do livro *New Theories of Everything: the quest for ultimate explanation*, 2nd Edition, New York: Oxford University Press Inc., 2007.

### O TEXTO:

#### THE LEGACY OF LAW

1.Many threads entwined to form our concept of a law of Nature. At first, primitive societies and groups were impressed primarily by the irregularities of Nature: mishap, plague, and pestilence. **In time, emphasis refocused upon the regularities of the environment and the means by which they could be most 5. fruitfully exploited for advantage. Sense began to emerge from the welter of disparate natural phenomena. The irregularities became exceptions to, rather than conceptions of, the natural state of the world. It emerged that some degree of organization might lurk behind the ordered facets of the world just as it lay behind the ordered results of mankind's interventions in Nature. Social and religious views coloured early ideas about the organization of the world. There were many paradigms. For some, the world was a living organism growing and maturing towards some great purposeful culmination. All its constituents**

contained innate imperatives which moved them to trace out the ways predestined for them. They followed not the rules of some external diktat but the manifestations of their immanent properties. The meanings of things were to be found in their ends, not in their present or past states. For others, the world was a cosmic city, ordered by transcendent laws and rules imposed by a Supreme Being. Moreover, it was a walled city within which order was preserved for our benefit. Beyond its borders lay chaos and evil. In other cultures, quite different ideas held sway. No outside lawgiver was imagined. No outside lawgiver was necessary. Instead, all things seemed to work together in harmony to compose the common good by mutual consent and interaction. The order in the world was seen as that of the ant colony, wherein every individual plays its part to produce a coherent self-interacting whole. It is a spontaneous response to the requirements of the system as a whole, not the inflexible result of eternal and unchangeable laws of Nature.

**27.** Different modern cultures have been variously influenced by their religious heritage in coming to a satisfying picture of natural laws. In the Judaeo-Christian West, the influence of the divine lawgiver has been paramount. The laws of Nature are the dictates of a transcendent God. They enshrine faith in the existence of an underlying order to things. They sanction the investigation of Nature as a secular activity. They outlaw Nature gods and the potential conflicts of polygamous legislation in the Universe. Farther East, in cultures like that of the early Chinese, the dominant picture was more liberal in style, with Nature operating holistically to produce a harmonious equilibrium in which every ingredient interacts with its fellows to produce a whole that is more than the sum of its parts.

**38.** It is not hard to see why the Eastern holistic perspective made scientific progress so difficult. It denies the intuition that one can study parts of the world in isolation from the rest—that one can analyse the world—and understand a part without knowing the whole. In modern terms, the Western perspective has regarded Nature as a linear phenomenon in which what happens at a given place and time is determined exclusively by what has occurred at nearby places immediately beforehand. The holistic view assumes nature to be intrinsically non-linear so that non-local influences predominate and interact with one another to form a complicated whole. It is not that the

**Eastern approach was misguided. It was simply premature. Only very recently, aided by versatile computer graphics, have scientists come to terms with the description of intrinsically complex non-linear systems. A successful study of natural laws needs to start with the simple linear problems if it is ever to graduate successfully to the holistic complexities created by non-linearity.**

52. Having drawn with broad brush-strokes the inter-relationship between religious beliefs and the wider philosophy of nature that it engenders within a society it is important to inject a note of caution. **It is common for apologists to press the argument further and claim that modern science has emerged because of, or even from, the West's Christian religious roots. There is undoubtedly some grain of truth in this claim, rightly interpreted; but its uncritical acceptance is as mistaken as the common notion that religion and science have always been at war like the forces of darkness and light. The monotheistic basis for the concept of universal laws of Nature contains an element of the truth because modern science is something that has developed to fruition after the early events which shape religious history. Moreover, many great scientists were overtly religious and brought to their scientific work an explicit religious justification and motivation. While these facts cannot be denied, it is a giant leap to infer from this summary of events that modern science is therefore a necessary consequence of our Christian past which would not otherwise have arisen. Here, the apologist is seeking to persuade that the practice of science or the concept of universal laws is a logical outcome of a certain range of religious beliefs rather than merely something that has been fostered by them.** Religious scientists, like Boyle, Newton, or Maxwell, undoubtedly existed in profusion, but they inevitably stressed those aspects of their religion which accorded well with their scientific intuitions and activities. They were satisfied that their work was in tune with a Christian view of the world in an age when the public face of religion was a far greater factor in people's lives than it is today. There were always other strands of Christian doctrine, less obviously convivial to the pursuit of theoretical science, which the very same scientists would subconsciously downplay or simply ignore. Others, who found science distasteful, materialistic, or even blasphemous, could always be found amongst the ranks of the theologians and philosophers. **The virtues necessary for the successful pursuit of science are neither specifically nor exclusively those engendered by our Judaeo-Christian**

heritage, nor, indeed, by any other. To believe that science has necessary rather than actual religious precursors is to subscribe to a deterministic theory of history with unique effects and causes. The real world is immeasurably more complicated: it is a skein of many strands, knotted and tangled, whose beginning is out of reach and whose end we cannot know.

### THE QUEST FOR UNITY

86. As we have become more demanding of our explanations and pictures of the Universe, so we have found the scale of what we must explain to be far greater in extent than our predecessors could ever have imagined. As complexity has grown, so has physics fragmented into specializations, which in turn have found themselves partitioned into manageable pieces. **Each has enjoyed its own successes in building up mathematical theories of the different fundamental forces of Nature and has endowed us with effective descriptions of each of the different interactions between particles of matter and light. The most striking aspect of these theories, beyond that of their huge success, is that until only recently they have been distinct in form and content, each compartmentalized from the others as though bearing witness to some curious paranoia in Nature. This goes against the grain of our belief in the unity of Nature.**

98. Only very rarely have ambitious scientists attempted to construct a theory of physics which would unite all the disparate and successful theories of the different forces of Nature into a single coherent frame work from which all things could in principle be derived. One of the earliest with a distinctly modern perspective was Bernhard Riemann, the nineteenth-century creator of the systematic study of non-Euclidean geometries. He envisaged a 'total theory of physics' united by mathematics, and wrote to Richard Dedekind of his belief that

one can set up a completely self-contained mathematical theory, which proceeds from the elementary laws that are valid for individual points to processes in the actually given continuously filled space, without distinguishing whether it is gravity, electricity, magnetism, or the equilibrium of heat that is being treated.

112. The most famous modern attempts to implement it were those of Eddington and Einstein. They failed for many reasons. In retrospect, we recognize that knowledge of the elementary-particle world was then so seriously incomplete that neither Eddington nor Einstein were in a position even to see what needed to be unified, let alone how to do it. However, the flame they first ignited has remained glowing faintly in the background, often overshadowed by the fireworks provided by the latest advances in the understanding of particular pieces of nature, until being fanned into prominence by the most recent attempts by theoretical physicists to illuminate our picture of the Universe. **Whereas past unifiers were regarded as lone eccentrics by their colleagues, tolerated because of the brilliance of their other contributions to physics, the unifiers of today populate the mainstream of physics and continually add to their number the most gifted young students. This is what distinguishes the physics of the 1980s from any that has gone before.**

125. The current breed of candidates for the title of a 'Theory of Everything' hope to provide an encapsulation of all the laws of nature into a simple and single representation. **The fact that such a unification is even sought tells us something important about our expectations regarding the Universe. These we must have derived from an amalgam of our previous experience of the world and our inherited religious beliefs about its ultimate nature and significance. Our monotheistic traditions reinforce the assumption that the Universe is at root a unity, that it is not governed by different legislation in different places, neither the residue of some clash of the Titans wrestling to impose their arbitrary wills upon the nature of things, nor the compromise of some cosmic committee. Our Western religious tradition also endows us with the assumption that things are governed by a logic that exists independently of those things, that laws are externally imposed as though they were the decrees of a transcendent divine legislator.** In other respects, our prejudices reflect a mixture of different traditions. Some feel the force of the Greek imperative that the structure of the Universe is a necessary and inflexible truth that could not be otherwise, while others inherit the feeling that the Universe is contingent. In this connection, it is interesting to recall the commentary supplied by Charles Babbage the eccentric nineteenth-century pioneer of computing devices who was much exercised by the concept of the laws of Nature. He was the first to liken the Universe

to a computer whose program (as we would now call it) comprised the laws of Nature; but this image provided him more readily with the conception of a different program or one which might turn up irregularities and novelty very occasionally:

The more man inquires into the laws which regulate the material universe, the more he is convinced that all its varied forms arise from the action of a few simple principles. These principles themselves converge, with accelerating force, towards some still more comprehensive law to which all matter seems to be submitted. Simple as that law may possibly be, it must be remembered that it is only one amongst an infinite number of simple laws: that each of these laws has consequences at least as extensive as the existing one, and therefore that the Creator who selected the present law must have foreseen the consequences of all other laws.

**Our attraction to that quality which we have come to call 'beauty', and which we associate with the detection of innate unity and harmony in the face of superficial diversity, has led us to expect that the unity of the Universe should be expressed in certain particular ways. If we are physicists we might often hear talk of the 'beauty' or 'elegance' of particular ideas or theories to such an extent that, like Dirac,\* we make aesthetic quality a guide or even a prerequisite for the formulation of correct mathematical theories of Nature.**

**167. The aesthetic imperative of Dirac strikes the life scientist as strange, the more so when he discovers how ineffective physicists, for all their mathematical powers, so often prove to be when they stray into his menagerie. For physicists are used to dealing with the pristine symmetries and fundamental laws of Nature. This habit conditions them to seek and expect symmetry and mathematical elegance everywhere they look. But the living world is not a marble palace. It is the higgledy-piggledy outcome of natural selection and the competition between many interacting factors. The outcome is often neither elegant nor symmetrical.**

## SYMMETRIES

(...)

175. Moreover, in the post-Newtonian discussions regarding the theological relevance of Newton's successful description of the world, the existence of conservation laws appears to have played some role in the growth of atheism amongst scientists. Some, like Newton himself, felt that there was need within the Newtonian dynamical model of the known universe (the solar system) for the sustaining and regulating hand of the Deity, but the subsequent discovery of conservation laws indicated that Nature possessed built-in sustaining principles which stopped the world from just ceasing to be. There were fewer roles for the Deity to play than had been believed.

(...)

185. The fact that laws of change can be represented as invariances of the world under all possible changes that respect a particular innate pattern struck a resonant chord with physicists' expectations regarding the presence of symmetry and harmony in Nature. Symmetry has become the dominant theme in fundamental physics. Elementary-particle physics is singularly Platonic in this respect.

191. Mathematicians of the past have catalogued all the distinct patterns of change that exist and have diligently encoded their essential ingredients into that branch of mathematics now known as group theory. **By searching through its kaleidoscope of all possible patterns, the particle physicist can extract candidate symmetries to impose upon the world.** The candidates need to pass some initial screening to ensure that they can accommodate all the necessary ingredients of the elementary-particle world and do not have some obvious consequence at variance with reality. The successfully vetted candidates then graduate to a more detailed mathematical outworking, which results in a gamut of predictions as to how particles should interact in a world governed by the imposed symmetry. **Thus, a blind faith in symmetry provides an efficient recipe for generating candidate theories of elementary-particle interactions.** No such machinery exists to generate candidate theories to explain the workings of less basic

entities like economies or weather systems. The stronghold of symmetry is the unseen world of the smallest things.

## TEXTO 2: PROLOGUE

### (COM OS DESTAQUES CUJOS DISCURSOS ANALISADOS)

**SOBRE O AUTOR:** Steven Weinberg é físico teórico, nascido nos Estados Unidos da América em 3 de maio de 1933. Trabalha na Universidade do Texas e pesquisa principalmente em Física de Partículas e em Cosmologia. Recebeu, juntamente com Abdus Salam e Sheldon Glaschow o prêmio Nobel de Física de 1979 pela unificação das forças fraca e eletromagnética, mas é ganhador de outros grandes prêmios. Ao receber a Medalha Benjamin Franklin da Sociedade Americana de Filosofia, foi citado como o físico teórico mais proeminente da atualidade.

**SOBRE O TEXTO:** O texto corresponde ao Prólogo do livro *Dreams of a Final Theory: The Search for the Fundamental Laws of Nature*. Hutchinso Radius, Great Britanin, 1993.

### O TEXTO:

1.The century now coming to a close has seen in physics a dazzling expansion of the frontiers of scientific knowledge. Einstein's special and general theories of relativity have permanently changed our view of space and time and gravitation. In an even more radical break with the past, quantum mechanics has transformed the very language we use to describe nature: in place of particles with definite positions and velocities, we have learned to speak of wave functions and probabilities. Out of the fusion of relativity with quantum mechanics there has evolved a new view of the world, one in which matter has lost its central role. **This role has been usurped by principles of symmetry, some of them hidden from view in the present state of the universe.** On this foundation we have built a successful theory of electromagnetism and the weak and strong nuclear interactions of elementary particles. Often we have felt as did Siegfried after he tasted the dragon's blood, when he found to his surprise that he could understand the language of birds. But now we are stuck. **The years since the mid-1970s have been the most frustrating in the**

**history of elementary particle physics. We are paying the price of our own success: theory has advanced so far that further progress will require the study of processes at energies beyond the reach of existing experimental facilities.**

18. In order to break out of this impasse, physicists began in 1982 to develop plans for a scientific project of unprecedented size and cost, known as the Superconducting Super Collider. The plan in its final form called for a 53-mile-long oval tunnel to be dug at a site south of Dallas. Within this underground tunnel thousands of superconducting magnets would guide two beams of electrically charged particles known as protons in opposite directions millions of times around the ring, while the protons would be accelerated to an energy twenty times larger than the highest energy achieved at existing particle accelerators. At several points along the ring the protons in the two beams would be made to collide hundreds of millions of times a second, and enormous detectors, some weighing tens of thousands of tons, would record what happens in these collisions. The cost of the project was estimated at over 8 billion dollars.

30. The Super Collider has attracted intense opposition, not only from frugal congressmen but also from some scientists who would rather see the money spent in their own fields. There is much grumbling about so-called 'big science,' and some of it has found a target in the Super Collider. Meanwhile, the European consortium known as CERN is considering the construction of a somewhat similar facility, known as the Large Hadron Collider, or LHC. The LHC would cost less than the Super Collider, because it would make use of an existing tunnel under the Jura mountains near Geneva, but for the same reason its energy would be limited to less than half that of the Super Collider. In many respects the American debate over the Super Collider is paralleled by a debate in Europe over whether to build the LHC.

41. As this book goes to press in 1992, funding for the Super Collider has been cut off by a June vote in the House of Representatives, but was then restored by an August vote in the Senate. The future of the Super Collider would be assured if it received appreciable foreign support, but so far that has not been forthcoming. As matters stand, even though funding for the Super Collider has survived in Congress this year, it faces the possibility of cancellation by Congress next year, and in each year until the project is completed. It may be that the closing years of the twentieth

century will see the epochal search for the foundations of physical science come to a stop, perhaps only to be resumed many years later.

50. This is not a book about the Super Collider. But the debate over the project has forced me in public talks and in testimony before Congress to try to explain what we are trying to accomplish in our studies of elementary particles. One might think that after thirty years of work as a physicist I would have no trouble with this, but it turns out to be not so easy.

**55. For myself, the pleasure of the work had always provided justification enough for doing it. Sitting at my desk or at some café table, I manipulate mathematical expressions and feel like Faust playing with his pentagrams before Mephistopheles arrives. Every once in a while mathematical abstractions, experimental data, and physical intuition come together in a definite theory about particles and forces and symmetries. And every once in an even longer while the theory turns out to be right; sometimes experiments show that nature really does behave the way the theory says it ought.**

59. But this is not all. For physicists whose work deals with elementary particles, there is another motivation, one that is harder to explain, even to ourselves.

61. Our present theories are of only limited validity, still tentative and incomplete. **But behind them now and then we catch glimpses of a final theory, one that would be of unlimited validity and entirely satisfying in its completeness and consistency. We search for universal truths about nature, and, when we find them, we attempt to explain them by showing how they can be deduced from deeper truths.** Think of the space of scientific principles as being filled with arrows, pointing toward each principle and away from the others by which it is explained. These arrows of explanation have already revealed a remarkable pattern: they do not form separate disconnected clumps, representing independent sciences, and they do not wander aimlessly – rather they are all connected, and if followed backward they all seem to flow from a common starting point. This starting point, to which all explanations may be traced, is what I mean by a final theory.

72. We certainly do not have a final theory yet, and we are not likely to discover it soon. But from time to time we catch hints that it is not so very far off. **Sometimes in discussions among physicists, when it turns out that mathematically beautiful ideas are actually relevant to the real world, we get**

**the feeling that there is something behind the blackboard, some deeper truth foreshadowing a final theory that makes our ideas turn out so well.**

78. Speaking of a final theory, a thousand questions and qualifications crowd into the mind. **What do we mean by one scientific principle ‘explaining’ another? How do we know that there is a common starting point for all such explanations? Will we ever discover that point? How close are we now? What will the final theory be like? What parts of our present physics will survive in a final theory? What will it say about life and consciousness? And, when we have our final theory, what will happen to science and to the human spirit? This chapter, barely touching on these questions, leaves a fuller response to the rest of this book.**

86. **The dream of a final theory did not start in the twentieth century. It may be traced in the West back to a school that flourished a century before the birth of Socrates in the Greek town of Miletus, where the Meander River empties into the Aegean Sea. We do not really know much about what the pre-Socratics taught, but later accounts and the few original fragments that survive suggest that the Milesians were already searching for explanations of all natural phenomena in terms of a fundamental constituent of matter. For Thales, the first of these Milesians, the fundamental substance was water; for Anaximenes, the last of this school, it was air.**

95. Today Thales and Anaximenes seem quaint. Much more admiration is given now to a school that grew up a century later at Abdera on the seacoast of Thrace. There Democritus and Leucippus taught that all matter is composed of tiny eternal particles they called atoms. (Atomism has roots in Indian metaphysics that go back even earlier than Democritus and Leucippus.) These early atomists may seem wonderfully precocious, but it does not seem to me very important that the Milesians were ‘wrong’ and that the atomic theory of Democritus and Leucippus was in some sense ‘right.’ None of the pre-Socratics, neither at Miletus nor at Abdera, had anything like our modern idea of what a successful scientific explanation would have to accomplish: the quantitative understanding of phenomena. How far do we progress toward understanding why nature is the way it is if Thales or Democritus tells us that a stone is made of water or atoms, when we still do not know how to calculate its density or hardness or electrical conductivity? And of course, without the

capacity for quantitative prediction, we could never tell whether Thales or Democritus is right.

110. On the occasions when at Texas and Harvard I have taught physics to liberal-arts undergraduates, I have felt that my most important task (and certainly the most difficult) was to give the students a taste of the power of being able to calculate in detail what happens under various circumstances in various physical systems. They were taught to calculate the deflection of a cathode ray or the fall of an oil droplet, not because that is the sort of thing everyone needs to calculate but because in doing these calculations they could experience for themselves what the principles of physics really mean. Our knowledge of the principles that determine these and other motions is at the core of physical science and a precious part of our civilization.

120. From this point of view, the 'physics' of Aristotle was no better than the earlier and less sophisticated speculations of Thales and Democritus. In his books *Physics* and *On the Heavens* Aristotle describes the motion of a projectile as being partly natural and partly unnatural; its natural motion, as for all heavy bodies, is downward, toward the center of things, and its unnatural motion is imparted by the air, whose motion can be traced to whatever started the projectile in motion. But just how fast does the projectile travel along its path, and how far does it get before it hits the ground? Aristotle does not say that the calculation or measurements are too difficult or that not enough is yet known about the laws of motion to give a detailed description of the projectile's motion. Rather, Aristotle does not offer an answer, right or wrong, because he does not realize that these are questions worth asking.

131. And why are they worth asking? The reader, like Aristotle, might not care very much how fast the projectile falls – I don't much care myself. The important thing is that we now know the principles – Newton's laws of motion and gravitation and the equations of aerodynamics – that determine precisely where the projectile is at every moment in its flight. I am not saying here that we actually can calculate exactly how the projectile moves. The flow of air past an irregular stone or an arrow's feathers is complicated, and so our calculations are likely to be only fair approximations, especially for air flows that become turbulent. There is also the problem of specifying precise initial conditions. Nevertheless we can use our known physical principles to solve simpler problems, like the motion of planets in airless space or the steady flow of air around spheres or plates, well enough to reassure us that we really do know what principles govern the projectile's flight. In the same way, we cannot calculate

the course of biological evolution, but we now know pretty well the principles by which it is governed.

145. This is an important distinction, one that tends to get muddled in arguments over the meaning or the existence of final laws of nature. When we say that one truth 'explains' another, as for instance that the physical principles (the rules of quantum mechanics) governing electrons in electric fields explain the laws of chemistry, we do not necessarily mean that we can actually deduce the truths we claim have been explained. Sometimes we can complete the deduction, as for the chemistry of the very simple hydrogen molecule. But sometimes the problem is just too complicated for us. In speaking in this way of scientific explanations, we have in mind not what scientists actually deduce but instead a necessity built into nature itself. For instance, even before physicists and astronomers learned in the nineteenth century how to take account of the mutual attraction of the planets in accurate calculations of their motions, they could be reasonably sure that the planets move the way they do because they are governed by Newton's laws of motion and gravitation, or whatever more exact laws Newton's laws approximate. Today, even though we cannot predict everything that chemists may observe, we believe that atoms behave the way they do in chemical reactions because the physical principles that govern the electrons and electric forces inside atoms leave no freedom for the atoms to behave in any other way.

163. This is a tricky point in part because it is awkward to talk about one fact explaining another without real people actually doing the deductions. But I think that we have to talk this way because this is what our science is about: the discovery of explanations built into the logical structure of nature. Of course we become much more confident that we have the correct explanation when we are able actually to carry out some calculations and compare the results with observation: if not of the chemistry of proteins, then at least of the chemistry of hydrogen.

170. Even though the Greeks did not have our goal of a comprehensive and quantitative understanding of nature, precise quantitative reasoning was certainly not unknown in the ancient world. For millennia people have known about the rules of arithmetic and plane geometry and the grand periodicities of the sun and moon and stars, including even such subtleties as the precession of the equinoxes. Beyond this, there was a flowering of mathematical science after Aristotle, during the Hellenistic era that spans the time from the conquests of Aristotle's pupil Alexander

to the subjugation of the Greek world by Rome. As an undergraduate studying philosophy I felt some pain at hearing Hellenic philosophers like Thales or Democritus called physicists; but, when we came to the great Hellenistics, to Archimedes in Syracuse discovering the laws of buoyancy or Eratosthenes in Alexandria measuring the circumference of the earth, I felt at home among my fellow scientists. Nothing like Hellenistic science was seen anywhere in the world until the rise of modern science in Europe in the seventeenth century.

184. Yet for all their brilliance, the Hellenistic natural philosophers never came close to the idea of a body of laws that would precisely regulate all nature. **Indeed, the word 'law' was rarely used in antiquity (and never by Aristotle or in the Bible) except in its original sense, of human or divine laws governing human conduct.** (It is true that the word 'astronomy' derives from the Greek words astron for a star and nomos for law, but this term was less often used in antiquity for the science of the heavens than the word 'astrology.')

Not until Galileo, Kepler, and Descartes in the seventeenth century do we find the modern notion of laws of nature.

192. The classicist Peter Green blames the limitations of Greek science in large part on the persistent intellectual snobbery of the Greeks, with their preference for the static over the dynamic and for contemplation over technology, except for military technology. The first three kings of Hellenistic Alexandria supported research on the flight of projectiles because of its military applications, but to the Greeks it would have seemed inappropriate to apply precise reasoning to something as banal as the process by which a ball rolls down an inclined plane, the problem that illuminated the laws of motion for Galileo. Modern science has its own snobberies – biologists pay more attention to genes than to bunions, and physicists would rather study proton-proton collisions at 20 trillion volts than at 20 volts. But these are tactical snobberies, based on judgments (right or wrong) that some phenomena turn out to be more revealing than others; they do not reflect a conviction that some phenomena are more important than others.

**205. It is with Isaac Newton that the modern dream of a final theory really begins. Quantitative scientific reasoning had never really disappeared, and by Newton's time it had already been revitalized, most notably by Galileo. But Newton was able to explain so much with his laws of motion and law of universal gravitation, from the orbits of planets and moons to the rise and fall of tides and apples, that he must for the first time have sensed the possibility**

**of a really comprehensive explanatory theory.** Newton's hopes were expressed in the preface to the first edition of his great book, the *Principia*: 'I wish we could derive the rest of the phenomena of nature [that is, the phenomena not treated in the *Principia*] by the same kind of reasoning as for mechanical principles. For I am induced by many reasons to suspect that they may all depend on certain forces.' Twenty years later, Newton described in the *Opticks* how he thought his program might be carried out: Now the smallest particles of matter cohere by the strongest attractions, and compose bigger particles of weaker virtue; and many of these may cohere and compose bigger particles whose virtue is still weaker, and so on for diverse successions, until the progression ends in the biggest particles on which the operations in chemistry, and the colours of natural bodies depend, and which by cohering compose bodies of a sensible magnitude. There are therefore agents in nature able to make the particles of bodies stick together by very strong attractions. And it is the business of experimental philosophy to find them out.

225. Newton's great example gave rise especially in England to a characteristic style of scientific explanation: matter is conceived to consist of tiny immutable particles; the particles act on one another through 'certain forces,' of which gravitation is just one variety; knowing the positions and velocities of these particles at any one instant, and knowing how to calculate the forces among them, one can use the laws of motion to predict where they will be at any later time. Physics is often still taught to freshmen in this fashion. Regrettably, despite the further successes of physics in this Newtonian style, it was a dead end.

233. After all, the world is a complicated place. As scientists learned more about chemistry and light and electricity and heat in the eighteenth and nineteenth centuries, the possibility of an explanation along Newtonian lines must have seemed more and more remote. In particular, in order to explain chemical reactions and affinities by treating atoms as Newtonian particles moving under the influence of their mutual attraction and repulsion, physicists would have had to make so many arbitrary assumptions about atoms and forces that nothing really could have been accomplished.

**241. Nevertheless, by the 1890s an odd sense of completion had spread to many scientists. In the folklore of science there is an apocryphal story about some physicist who, near the turn of the century, proclaimed that physics was just about complete, with nothing left to be done but to carry measurements to**

**a few more decimal places. The story seems to originate in a remark made in 1894 at the University of Chicago by the American experimental physicist Albert Michelson: ‘While it is never safe to affirm that the future of Physical Science has no marvels in store even more astonishing than those of the past, it seems probable that most of the grand underlying principles have been firmly established and that further advances are to be sought chiefly in the rigorous application of these principles to all the phenomena which come under our notice . . . An eminent physicist has remarked that the future truths of Physical Science are to be looked for in the sixth place of decimals.’** Robert Andrews Millikan, another American experimentalist, was in the audience at Chicago during Michelson’s talk and guessed that the ‘eminent physicist’ Michelson referred to was the influential Scot, William Thomson, Lord Kelvin. A friend has told me that when he was a student at Cambridge in the late 1940s, Kelvin was widely quoted as having said that there was nothing new to be discovered in physics and that all that remained was more and more precise measurement.

260. I have not been able to find this remark in Kelvin’s collected speeches, but there is plenty of other evidence for a widespread, though not universal, sense of scientific complacency in the late nineteenth century. When the young Max Planck entered the University of Munich in 1875, the professor of physics, Jolly, urged him against studying science. In Jolly’s view there was nothing left to be discovered. Millikan received similar advice. ‘In 1894,’ he recalled, ‘I lived in a fifth-floor flat on Sixty-fourth Street, a block west of Broadway, with four other Columbia graduate students, one a medic and the other three working in sociology and political science, and I was ragged continuously by all of them for sticking to a “finished,” yes, a “dead subject,” like physics, when the new, “live” field of the social sciences was just opening up.’

271. Often such examples of nineteenth-century complacency are trotted out as warnings to those of us in the twentieth century who dare to talk of a final theory. This rather misses the point of these self-satisfied remarks. Michelson and Jolly and Millikan’s roommates could not possibly have thought that the nature of chemical attraction had been successfully explained by physicists – much less that the mechanism of heredity had been successfully explained by chemists. Those who made such remarks could only have done so because they had given up on the old dream of Newton and his followers that chemistry and all other sciences would be

understood in terms of physical forces; for them, chemistry and physics had become coequal sciences, each separately near completion. To whatever extent there was a widespread sense of completeness in late-nineteenth-century science, it represented only the complacency that comes with diminished ambition.

283. But things were to change very rapidly. To a physicist the twentieth century begins in 1895, with Wilhelm Roentgen's unexpected discovery of X rays. It was not that X rays themselves were so important; rather, their discovery encouraged physicists to believe that there were many new things to be discovered, especially by studying radiation of various sorts. And discoveries did follow in quick succession. At Paris in 1896 Henri Becquerel discovered radioactivity. At Cambridge in 1897 J. J. Thomson measured the deflection of cathode rays by electric and magnetic fields and interpreted the results in terms of a fundamental particle, the electron, present in all matter, not only in cathode rays. At Bern in 1905 Albert Einstein (while still excluded from academic employment) presented a new view of space and time in his special theory of relativity, suggested a new way of demonstrating the existence of atoms, and interpreted earlier work of Max Planck on heat radiation in terms of a new elementary particle, the particle of light later called the photon. A little later, in 1911, Ernest Rutherford used the results of experiments with radioactive elements in his Manchester laboratory to infer that atoms consist of small massive nuclei surrounded by clouds of electrons. And in 1913 the Dane Niels Bohr used this atomic model and Einstein's photon idea to explain the spectrum of the simplest atom, that of hydrogen. **Complacency gave way to excitement; physicists began to feel that a final theory unifying at least all physical science might soon be found.**

302. Already in 1902, the previously complacent Michelson could proclaim: 'The day appears not far distant when the converging lines from many apparently remote regions of thought will meet on . . . common ground. Then the nature of the atoms, and the forces called into play in their chemical union; the interactions between these atoms and the non-differentiated ether as manifested in the phenomenon of light and electricity; the structures of the molecules; and molecular systems of which the atoms are the units; the explanation of cohesion, elasticity, and gravitation – all these will be marshalled into a single and compact body of scientific knowledge.' Where before Michelson had thought that physics was already complete because he did not expect physics to explain chemistry, now he expected a quite different completion in the near future, encompassing chemistry as well as physics.

**333. This was still a bit premature. The dream of a final unifying theory really first began to take shape in the mid-1920s, with the discovery of quantum mechanics.** This was a new and unfamiliar framework for physics in terms of wave functions and probabilities instead of the particles and forces of Newtonian mechanics. Quantum mechanics suddenly made it possible to calculate the properties not only of individual atoms and their interaction with radiation, but also of atoms combined into molecules. It had at last become clear that chemical phenomena are what they are because of the electrical interactions of electrons and atomic nuclei. This is not to say that college courses in chemistry began to be taught by physics professors or that the American Chemical Society applied for absorption into the American Physical Society. It is difficult enough to use the equations of quantum mechanics to calculate the strength of the binding of two hydrogen atoms in the simplest hydrogen molecule; the special experience and insights of chemists are needed to deal with complicated molecules, especially the very complicated molecules encountered in biology, and the way they react in various circumstances. But the success of quantum mechanics in calculating the properties of very simple molecules made it clear that chemistry works the way it does because of the laws of physics. **Paul Dirac, one of the founders of the new quantum mechanics, announced triumphantly in 1929 that ‘the underlying physical laws necessary for the mathematical theory of a larger part of physics and the whole of chemistry are thus completely known, and the difficulty is only that the application of these laws leads to equations much too complicated to be soluble.’**

355. Soon thereafter a strange new problem appeared. The first quantum-mechanical calculations of atomic energies had given results in good agreement with experiment. But when quantum mechanics was applied not only to the electrons in atoms but also to the electric and magnetic fields that they produce, it turned out that the atom had an infinite energy! Other infinities appeared in other calculations, and for four decades this absurd result appeared as the greatest obstacle to progress in physics. In the end the problem of infinities turned out to be not a disaster, but rather one of the best reasons for optimism for progress toward a final theory. When proper care is given to the definition of masses and electric charges and other constants the infinities all cancel, but only in theories of certain special kinds. We may thus find ourselves led mathematically to part or all of the final theory, as the only way of

avoiding these infinities. **Indeed, the esoteric new theory of strings may already have provided the unique way of avoiding infinities when we reconcile relativity (including general relativity, Einstein's theory of gravitation) with quantum mechanics.** If so, it will be a large part of any final theory.

**370I do not mean to suggest that the final theory will be deduced by pure mathematics. After all, why should we believe that either relativity or quantum mechanics is logically inevitable? It seems to me that our best hope is to identify the final theory as one that is so rigid that it cannot be warped into some slightly different theory without introducing logical absurdities like infinite energies.**

**376 There is further reason for optimism in the peculiar fact that progress in physics is often guided by judgments that can only be called aesthetic. This is very odd. Why should a physicist's sense that one theory is more beautiful than another be a useful guide in scientific research? There are several possible reasons for this, but one of them is special to elementary particle physics: the beauty in our present theories may be 'but a dream' of the kind of beauty that awaits us in the final theory.**

383. In our century it was Albert Einstein who most explicitly pursued the goal of a final theory. As his biographer Abraham Pais puts it, 'Einstein is a typical Old Testament figure, with the Jehovah-type attitude that there is a law and one must find it.' The last thirty years of Einstein's life were largely devoted to a search for a so-called unified field theory that would unify James Clerk Maxwell's theory of electromagnetism with the general theory of relativity, Einstein's theory of gravitation. Einstein's attempt was not successful, and with hindsight we can now see that it was misconceived. Not only did Einstein reject quantum mechanics; the scope of his effort was too narrow. Electromagnetism and gravitation happen to be the only fundamental forces that are evident in everyday life (and the only forces that were known when Einstein was a young man), but there are other kinds of force in nature, including the weak and strong nuclear forces. Indeed, the progress that has been made toward unification has been in unifying Maxwell's theory of the electromagnetic force with the theory of the weak nuclear force, not with the theory of gravitation, where the problem of infinities has been much harder to resolve. Nevertheless Einstein's struggle is our struggle today. It is the search for a final theory.

399. Talk of a final theory seems to enrage some philosophers and scientists. One is likely to be accused of something awful, like reductionism, or even physics imperialism. This is partly a reaction to the various silly things that might be meant by a final theory, as for instance that discovery of a final theory in physics would mark the end of science. Of course a final theory would not end scientific research, not even pure scientific research, nor even pure research in physics. Wonderful phenomena, from turbulence to thought, will still need explanation whatever final theory is discovered. The discovery of a final theory in physics will not necessarily even help very much in making progress in understanding these phenomena (though it may with some). A final theory will be final in only one sense – that it will bring to an end a certain sort of science, the ancient search for those principles that cannot be explained in terms of deeper principles.

### TEXTO 3: UNIFICAÇÃO: UMA CRÍTICA

#### (COM OS DESTAQUES CUJOS DISCURSOS ANALISADOS)

**SOBRE O AUTOR:** Marcelo Gleiser é um físico brasileiro, nascido no Rio de Janeiro em 1959, professor de física e astronomia do Dartmouth College, também atua como divulgador da ciência através de livros, artigos em jornais e programas de TV. Especializou-se em cosmologia, física não-linear, e astrobiologia. É membro da Sociedade Americana de Física.

**SOBRE O TEXTO:** “Unificação: uma crítica”, é um capítulo do livro Criação Imperfeita, do físico Marcelo Gleiser (4ª edição. Rio de Janeiro: Record 2010). O livro tem como argumento trazer à reflexão a visão que o autor adquiriu com o passar dos anos quanto à basear sua leitura do mundo natural no descompromisso com a crença na unidade de todas as coisas, negando a possibilidade de encontrar-se uma Teoria de Unificação e desvinculando-se da ideia de que uma teoria científica deve possuir uma bela simetria matemática. Propõe um novo olhar sobre a natureza, baseado na imperfeição.

#### O TEXTO:

1. De Tales a Kepler e às supercordas, a busca por uma Teoria Final inspirou (e inspira) algumas das mentes mais brilhantes da história. Embora a teoria das supercordas seja ainda uma obra em andamento, a verdade é que, até o momento, a busca falhou. A teoria das supercordas pode continuar a ser trabalhada por séculos sem levar a alguma conclusão definitiva. Por outro lado, não há dúvida de que algumas unificações parciais foram obtidas. Mencionamos como a eletricidade e o magnetismo se comportam como uma onda eletromagnética que se propaga na velocidade da luz pelo espaço vazio. Mencionamos também como a ausência de monopolos magnéticos estraga a perfeição dessa unificação, mesmo que ainda seja possível tratar o eletromagnetismo como uma interação única. Vimos como a interação nuclear fraca viola uma série de simetrias internas: a conjugação de carga (C), a paridade (P), e até mesmo a combinação das duas (CP). As consequências dessas violações estão profundamente relacionadas com a nossa existência: são

elas que determinam a direção do tempo no mundo microscópico, oferecendo um mecanismo viável para a produção do excesso de matéria sobre antimatéria. Sem essas assimetrias, o Universo consistiria em uma sopa de radiação eletromagnética e algumas partículas esparsas: não existiriam átomos, estrelas, e muito menos pessoas. A mensagem que a física de partículas e a cosmologia moderna nos ensinam é clara. Somos produtos de imperfeições da Natureza. Mesmo se, dentro da precisão de nossas medidas, algumas simetrias sejam respeitadas como a conservação de carga e de energia, por exemplo devemos encarar o fato de que muitas outras não são, ou que são apenas aproximações que usamos para descrever a realidade que nos cerca do melhor modo possível. A assimetria da Natureza nos conecta com as nossas origens.

25. Teorias de grande unificação (GUTs) fazem duas previsões muito importantes: o próton é uma partícula instável e deve decair, e devem existir outros tipos de monopolos magnéticos, primos mais pesados dos monopolos mais simples do eletromagnetismo. Após décadas de buscas em vários laboratórios espalhados pelo mundo, o próton ainda não decaiu e nenhum monopolo magnético foi encontrado. Claro, podemos sempre acreditar meio como Cândido, o personagem eternamente otimista de Voltaire que um dia serão, que nossos modelos são simplificados demais e que nossos detectores não são sensíveis o suficiente. É bem verdade que a inflação cósmica pode se livrar dos monopolos da GUT, essencialmente mantendo apenas um em todo o Universo observável. Foi inventada principalmente para isso. Mesmo assim, o tempo passa e experimentos cada vez mais precisos constroem os modelos, que ficam meio que estrangulados. É difícil evitar a suspeita de que algo de muito errado está acontecendo.

38. Temos, também, a unificação eletrofraca, nosso único modelo com confirmação experimental onde duas forças se comportam de modo semelhante acima de uma certa energia. Não há dúvida de que o Modelo Padrão é um grande triunfo da física moderna; já celebramos os seus feitos diversas vezes. Mas uma análise mais cuidadosa da teoria de unificação eletrofraca revela que não é uma unificação completa. Ao menos não no sentido da grande unificação, que prevê que todas as forças (com exceção da gravidade) se transformem numa só. A teoria eletrofraca nunca se livra em definitivo da diferença entre o eletromagnetismo e a interação fraca. As partículas eletricamente neutras que transmitem a força eletrofraca e que, a baixas energias, identificamos com o fóton e com o pesado  $Z^0$ ,

são misturas dos bósons de gauge da teoria a altas energias. Essa mistura, embora seja uma descrição efetiva do que ocorre, não é uma unificação. Ademais, o fato de que o neutrino apenas se manifesta como uma partícula canhota, desequilibra a formulação da teoria: para que seja consistente com os experimentos, as partículas destras têm que ser descritas de forma muito diferente das canhotas.

53. Longe de mim querer criticar o Modelo Padrão . Porém, acredito que não deva ser visto como um exemplo de unificação e sim como uma ilustração da imperfeição e das simetrias aproximadas que encontramos na Natureza. O que temos é uma descrição, uma narrativa incompleta, consistente com nossos experimentos atuais. Existem muitos problemas com o Modelo Padrão , propriedades que ainda não são compreendidas. As massas dos neutrinos são um exemplo; o bóson de Higgs é outro; a razão pela qual a massa do elétron é tão diferente da do próton, enquanto suas cargas elétricas são idênticas e opostas, é outro. Muitos acreditam que as soluções para esses desafios serão encontradas numa teoria mais profunda, mais próxima de uma verdadeira unificação (...). A supersimetria é a solução mais popular, e precisamos esperar para ver se funcionará ou não. (Isso pode levar muito tempo, como mencionamos antes.) Se o LHC ou algum experimento que busca a matéria escura confirmar a existência de supersimetria dentro de alguns anos, a festa será grande, iniciando uma verdadeira revolução na nossa visão de mundo: o micro e o macro se unirão ainda mais; a possibilidade de uma grande unificação será bem mais tangível; os Unificadores ficarão extasiados. Todavia, mesmo se algum dia a supersimetria for confirmada, não podemos tomar como uma indicação de que existe uma Teoria Final. **Como venho argumentando, a Teoria Final é uma construção da mente humana, um mito monoteísta que inspirou Tales , Kepler, Einstein e tantos outros até nossos dias, com pouca justificativa na realidade física que conhecemos. A alternativa impensável e até ofensiva para muitos é que jamais chegaremos a essas teorias, que esse tipo de unificação simplesmente não existe.** O que podemos fazer é aprimorar a nossa narrativa e descrever a Natureza com nossas teorias incompletas, mergulhando cada vez mais profundamente em seus mistérios. O estudo da física fundamental continuará a ser altamente instigante sem que exista um Graal.

80. No início da minha carreira, quando era um Unificador devoto, Einstein era a minha inspiração principal, mas não a única. Outros pioneiros da física também

buscaram a unificação, validando a minha escolha. Heisenberg , Pauli , Schrödinger ... como esses gênios poderiam estar errados após estarem certos sobre tantas coisas? Impossível! Publiquei mais de 60 artigos em assuntos relacionados à unificação, fui a dezenas de conferências pelos quatro cantos do mundo, dei centenas de seminários e palestras. Dediquei uma década às teorias de unificação e à sua formulação em espaços com mais de três dimensões. Junto com meu orientador de doutorado, J. G. Taylor, até escrevi um dos primeiros artigos aplicando a teoria das supercordas ao Big Bang , ainda em 1985. Mesmo assim, apesar de toda essa atividade, no início da década de 1990 comecei a pensar de modo diferente dos meus colegas. Preocupava-me muito o fato de que a maioria das ideias que estávamos propondo eram tão remotas e abstratas que provavelmente jamais seriam testadas. **Caso isso fosse verdade, como saber se faziam sentido? Será que evidência indireta é suficiente em física? Dedicar toda uma carreira a ideias que provavelmente nunca poderão ser validadas me parecia oposto ao ideal de ser físico. O cacife ficou alto demais. Por outro lado, o prêmio era tão valioso, a ideia tão instigante, que era perfeitamente compreensível que tantos seguissem por esse caminho. Será que eu devia ir junto?**

100. Mesmo que, inicialmente, tenha evitado pensar no assunto, aos poucos a noção de que a Teoria Final era uma fantasia começou a tomar corpo. A virada deu-se em 2002, quando eu e minha esposa construímos uma casa no meio de um bosque situado a 25 quilômetros de Dartmouth, a universidade onde leciono nos Estados Unidos. Nenhum vizinho à vista, só o solene monte Ascutney a distância e o magnífico rio Connecticut, fluindo impérvio às nossas questões existenciais. A Natureza nos espiava constantemente pelas janelas exageradas da casa, impossível de ser ignorada. Pela primeira vez na vida, vislumbrei o mundo com os olhos bem abertos, sem uma teoria preconcebida para guiar meus pensamentos. Vi que as árvores nunca se bifurcam de forma perfeita, que as nuvens não são esféricas, e que as estrelas se distribuem no céu noturno sem qualquer padrão aparente. **Entendi que a ordem que impomos na Natureza é a ordem que tanto queremos nas nossas vidas.** O Deus de Spinoza e de Einstein ; os sólidos de Kepler; a “mente de Deus ” das teorias da física moderna. **Certamente existem leis naturais que refletem padrões de comportamento organizado que observamos no mundo. Mas será que essas leis são mesmo o cerne da realidade física? Ou**

**será que são descrições lógicas que nós criamos para representá-la da melhor forma possível?** Recentemente, aprendemos muito sobre as nossas origens. **Aprendemos que o Universo está em expansão acelerada, que o tempo teve um começo, que podemos traçar a nossa existência a uma assimetria essencial entre as partículas de matéria e de antimatéria, que apenas através de mutações genéticas a vida pode se adaptar e florescer.** Aprendemos que, sem essas e outras imperfeições, átomos, galáxias e pessoas não existiriam. **Mesmo assim, ainda que de posse de toda essa evidência, muitos dos meus colegas, enfeitiçados pelo Encantamento Iônico, continuam a acreditar na beleza abstrata da Teoria Final, na existência de uma verdade final que um dia nos será revelada em toda a sua glória, o êxtase do intelecto humano.**

127. No inverno do mesmo ano em que nos mudamos para a casa no bosque, fui caminhar com minha filha sob a luz da Lua cheia. Poucas paisagens que tive o privilégio de ver na minha vida se equiparam ao esplendor do reflexo azulado da Lua nos campos nevados. Minha filha olhava, boquiaberta, para o céu e para a neve em seus pés. De repente, pegou um punhado de neve e fez a luz da Lua refletir em alguns flocos, como se fossem pequenos diamantes.

133. “Pai”, ela disse, “por que dois flocos nunca são iguais mas todos têm seis pontas?” A questão não era nova, claro. O próprio Kepler, em 1611, havia ponderado sobre a belíssima simetria dos flocos de neve. Mas essa era a minha filha, então com seis anos, intuindo um fato essencial: **simetrias podem se manifestar nas coisas que vemos, mas não explicam a incrível diversidade do mundo natural.** Cada floco tem seis pontas, como vimos, devido às simetrias da molécula de água e seus arranjos cristalinos. Mas cada floco é uma obra de arte única, esculpido por condições fora de equilíbrio térmico.

141. “Os flocos de neve são como pessoas”, respondi. “Mesmo que todo mundo tenha dois olhos, duas pernas e uma cabeça, somos todos diferentes, né? E são essas diferenças que tornam a vida interessante. Já pensou se todo mundo fosse idêntico? Se você tivesse a minha cara?”

145. “Eca, pai!”

146. “Pois é, achei que você não ia gostar muito”.

147. Naquele inverno, ficou claro para mim que os que buscam a perfeição de modo geral estão cortejando a musa errada. **Não é a simetria e a perfeição que deveriam estar nos guiando, como fizeram por milênios. Não precisamos**

**buscar a mente de Deus na Natureza e expressá-la através de equações. A ciência que criamos é apenas isso, nossa criação. Mesmo que maravilhosa, será sempre limitada pelo que podemos conhecer do mundo. E como nunca poderemos conhecer tudo o que existe, nossa ciência será sempre incompleta. Podemos buscar descrições unificadas de fenômenos naturais e, no caminho, até encontrar algumas unificações parciais. Mas não devemos jamais esquecer que uma unificação final está fora de nosso alcance. Como um peixe, que não consegue conceber a totalidade do oceano, não somos capazes de conceber a totalidade da Natureza. A noção de que existe uma estrutura hipermatemática que determina tudo o que existe no cosmo é uma ilusão platônica (e spinoziana) que não tem qualquer relação com a realidade. É uma tentativa de encontrar Deus, mesmo que metaforicamente, através da lente da ciência. Mesmo que, através da nossa inventividade, tenhamos aprendido tanto sobre o mundo, nossa descrição da realidade será sempre uma obra inacabada. Querer aprender sempre mais reflete a nossa curiosidade. Acreditar poder saber tudo reflete apenas uma ilusão.**

## TEXTO 4: INCOMPLETENESS AND THE TOE

### (COM OS DESTAQUES CUJOS DISCURSOSb ANALISADOS)

**SOBRE O AUTOR:** Torkel Franzén foi um pesquisador e professor universitário sueco, que trabalhou no Departamento de Ciências Computacionais e Engenharia Elétrica na Universidade de Tecnologia de Lulea, na Suécia. Pesquisava sobre Lógica Matemática e Ciências Computacionais.

**SOBRE O TEXTO:** Constitui-se em um capítulo do livro *Gödel's theorem: an incomplete guide to its use and abuse*. . Wellesley, MA, USA, 2005.

#### O TEXTO:

1.The TOE is the hypothetical Theory of Everything, which is sometimes thought to be an ideal or Holy Grail of theoretical physics. The incompleteness theorem has been invoked in support of the view that there is no such theory of everything to be had, for example, by eminent physicists Freeman Dyson and Stephen Hawking.

7.In a book review in the New York Review of Books, Dyson writes:

9.Another reason why I believe science to be inexhaustible is Gödel's theorem. The mathematician Kurt Gödel discovered and proved the theorem in 1931. The theorem says that given any finite set of rules for doing mathematics, there are undecidable statements, mathematical statements that cannot either be proved or disproved by using these rules. Gödel gave examples of undecidable statements that cannot be proved true or false using the normal rules of logic and arithmetic. His theorem implies that pure mathematics is inexhaustible. No matter how many problems we solve, there will always be other problems that cannot be solved within the existing rules. Now I claim that because of Gödel's theorem, physics is inexhaustible too. The laws of physics are a finite set of rules, and include the rules for doing mathematics, so that Gödel's theorem applies to them. The theorem implies

that even within the domain of the basic equations of physics, our knowledge will always be incomplete.

**24. It seems reasonable to assume that a formalization of theoretical physics, if such a theory can be produced, would be subject to the incompleteness theorem by incorporating an arithmetical component. However, as emphasized in [Section 2.3], Gödel's theorem only tells us that there is an incompleteness in the arithmetical component of the theory. The basic equations of physics, whatever they may be, cannot indeed decide every arithmetical statement, but whether or not they are complete considered as a description of the physical world, and what completeness might mean in such a case, is not something that the incompleteness theorem tells us anything about.**

Another invocation of incompleteness goes further:

37. Not to mention there are an infinite number of other attributes of the world which are simply not quantifiable or computable, such as beauty and ugliness, happiness and misery, intuition and inspiration, compassion and love etc. These are completely outside the grasp of any mathematical Theory of Everything. Since scientific theories are built upon mathematical systems, incompleteness must be inherited in all our scientific knowledge as well. The incompleteness theorem reveals that no matter what progress is made in our science, science can never in principle completely disclose Nature.

**46. Here the connection with the actual content of the incompleteness theorem is tenuous in the extreme: "Since scientific theories are built upon mathematical system, incompleteness must be inherited in all our scientific knowledge as well." This doesn't follow, since nothing in the incompleteness theorem excludes the possibility of our producing a complete theory of stars, ghosts, and cats all rolled into one, as long as what we say about stars, ghosts, and cats cannot be interpreted as statements about the natural numbers. That science cannot be expected to disclose to us everything about beauty and ugliness,**

intuition and inspiration, and so on, is a reasonable view which neither needs nor is supported by Gödel's theorem.

56. Stephen Hawking, in a talk entitled "Gödel and the End of Physics," also mentions Gödel's theorem:

59. What is the relation between Gödel's theorem, and whether we can formulate the theory of the universe, in terms of a finite number of principles? One connection is obvious. According to the positivist philosophy of science, a physical theory is a mathematical model. So if there are mathematical results that cannot be proved, there are physical problems that cannot be predicted. One example might be the Goldbach conjecture. Given an even number of wood blocks, can you always divide them into two piles, each of which cannot be arranged in a rectangle? That is, it contains a prime number of blocks. Although this is incompleteness of sorts, it is not the kind of unpredictability I mean. Given a specific number of blocks, one can determine with a finite number of trials, whether they can be divided into two primes. But I think that quantum theory and gravity together introduce a new element into the discussion, one that wasn't present with classical Newtonian theory. In the standard positivist approach to the philosophy of science, physical theories live rent-free in a Platonic heaven of ideal mathematical models. That is, a model can be arbitrarily detailed and can contain an arbitrary amount of information, without affecting the universes they describe. But we are not angels who view the universe from the outside. Instead, we and our models are both part of the universe we are describing. Thus, a physical theory is self-referencing, like in Gödel's theorem. One might therefore expect it to be either inconsistent, or incomplete. The theories we have so far, are both inconsistent, and incomplete.

**82. Here the upshot is that physical theory is "self-referencing," apparently in the sense that physical theories are "part of the universe" and that one might therefore expect them to be inconsistent or incomplete, considering that Gödel proved his first incompleteness theorem using a self-referential statement. Again, the relevance of the incompleteness theorem is here at most a matter of inspiration or metaphor. But Hawking also touches on**

another subject, the relevance of arithmetic to predictions about the outcome of physical experiments. Given 104, 729 wooden blocks, will we succeed in an attempt to arrange them into a rectangle? A computation shows 104, 729 to be a prime, so we conclude that no such attempt will succeed. Or, to take a somewhat more realistic example, consider the 15-puzzle, the still-popular sliding square puzzle that Sam Lloyd introduced in 1873, which has long been a favorite among AI researchers when testing heuristic search algorithms. Lloyd offered a \$1,000 reward for the solution of the “15-14 problem,” the problem of rearranging the squares so that only the last two squares were out of place. He well knew that his money was not at risk, since a combinatorial argument shows that the problem has no solution. Thus, he could set people to work on the problem and confidently predict, on the basis of arithmetical reasoning, the eventual outcome (their giving up).

100. Do such examples show that arithmetical incompleteness can entail an incompleteness in our description of the physical world? Not really. Suppose the Diophantine equation  $D(x_1, \dots, x_n) = 0$  has no solution, but this fact is not provable in our mathematics. We then have no basis for a prediction of the outcome of any physical experiment describable as “searching for a solution of the equation  $D(x_1, \dots, x_n) = 0$ .” (Such an experiment might consist in people rearranging wooden blocks or doing pen-and-paper calculations, or it might consist in having a computer execute a program.) This does not, however, indicate any incompleteness in our description of the physical systems involved. Our predictions of the outcome of physical experiments using arithmetic are based on the premise that arithmetic provides a good model for the behavior of certain actual physical systems with regard to certain observable properties (which in particular implies that physical objects like blocks of wood have a certain stability over time, that there are no macroscopic tunneling effects that render arithmetic inapplicable, that eggs do not spontaneously come into existence in baskets, and so on). The relevant description of the physical world amounts to the assumption that this premise is correct. The role of the arithmetical statement is as a premise in the application of this description to arrive at conclusions about physical systems.

## TEXTO 5: "Gödel and the end of physics"

### (COM OS DESTAQUES CUJOS DISCURSOS SERÃO ANALISADOS)

HAWKING, S.; Gödel and the end of physics, disponível em <http://www.damtp.cam.ac.uk/events/strings02/dirac/hawking/>. Acesso em fevereiro de 2015.

**SOBRE O AUTOR:** Stephen William Hawking (Oxford, 8 de janeiro de 1942) é físico teórico e cosmólogo que trabalhou na Universidade de Cambridge, onde foi professor lucasiano (detendor da cadeira de Isaac Newton e Paul Dirac), mantendo-se como professor lucasiano emérito. Consagrado com um dos maiores cientistas atuais, é possuidor de esclerose lateral amiotrófica, doença incurável e atua como diretor de pesquisa no Departamento de Matemática Aplicada e Física

**SOBRE O TEXTO:** O texto é a transcrição de uma "lecture" oferecida pelo autor em 20 de julho de 2002, no Centre for Mathematical Sciences, Cambridge University, no evento "String 2002". A palestra fez parte de um conjunto de outras apresentações voltadas para homenagear o Centenário de Dirac (Monica Dirac: "Paul Dirac - My Father", Edward Witten: "The Search for Supersymmetry", Sir Michael Atiyah: "The Mystery of Spin", Stephen Hawking: "Gödel and the End of Physics", Peter Goddard: "Beauty in the Equations: Aspects of Dirac's Life and Work"). As informações sobre o evento podem ser encontradas em <http://www.damtp.cam.ac.uk/events/strings02/index.html>.

Preliminarmente, o autor registra sobre seu texto, encontrado em <http://www.damtp.cam.ac.uk/events/strings02/dirac/hawking/> : *"his lecture is the intellectual property of Professor S.W.Hawking. You may not reproduce, edit, translate, distribute, publish or host this document in any way with out the permission of Professor Hawking."* Portanto, apesar de fazer uso do texto nessa pesquisa acadêmica, ratifico que, qualquer uso citado (reprodução, edição, tradução, distribuição, publicação e hospedagem) desse texto, também não está autorizado pela autora dessa tese.

**O TEXTO:****Stephen Hawking****"Gödel and the end of physics"**

1. In this talk, I want to ask how far can we go, in our search for understanding and knowledge will we ever find a complete form of the laws of nature. By a complete form, I mean a set of rules, that in principle at least, enable us to predict the future to an arbitrary accuracy, knowing the state of the universe at one time. A qualitative understanding of the laws, has been the aim of philosophers and scientists, from Aristotle onwards. But it was Newton's Principia Mathematica in 1687, containing his theory of universal gravitation, that made the laws quantitative and precise. This led to the idea of scientific determinism, which seems first to have been expressed by Laplace. If at one time, one knew the positions and velocities of all the particles in the universe, the laws of science should enable us to calculate their positions and velocities, at any other time, past or future. The laws may or may not have been ordained by God, but scientific determinism asserts that he does not intervene, to break them.

14. At first, it seemed that these hopes for a complete determinism would be dashed, by the discovery early in the 20th century, that events like the decay of radioactive atoms, seemed to take place at random. It was as if God was playing dice, in Einstein's phrase. But science snatched victory from the jaws of defeat, by moving the goal posts, and redefining what is meant by a complete knowledge of the universe. It was a stroke of brilliance, whose philosophical implications have still not been fully appreciated. Much of the credit belongs to Paul Dirac, my predecessor but one in the Lucasian chair, though it wasn't motorized in his time. Dirac showed how the work of Erwin Schrödinger and Werner Heisenberg, could be combined in new picture of reality, called quantum theory. In quantum theory, a particle is not characterized by two quantities, its position and its velocity, as in classical Newtonian theory. Instead it is described by a single quantity, the wave function. The size of the wave function at a point, gives the probability that the particle will be found at that

point, and the rate at which the wave function changes from point to point, gives the probability of different velocities. One can have a wave function that is sharply peaked at a point. This corresponds to a state in which there is little uncertainty in the position of the particle. However, the wave function varies rapidly, so there is a lot of uncertainty in the velocity. Similarly, a long chain of waves has a large uncertainty in position, but a small uncertainty in velocity. One can have a well defined position, or a well defined velocity, but not both.

34. This would seem to make complete determinism impossible. If one can't accurately define both the positions, and the velocities, of particles at one time, how can one predict what they will be in the future. It is like weather forecasting. The forecasters don't have an accurate knowledge of the atmosphere at one time. Just a few measurements at ground level, and what can be learnt from satellite photographs. That's why weather forecasts are so unreliable. However, in quantum theory, it turns out one doesn't need to know both the positions, and the velocities. If one knew the laws of physics, and the wave function at one time, then something called the Schrodinger equation, would tell one how fast the wave function was changing with time. This would allow one to calculate the wave function at any other time. One can therefore claim that there is still determinism, but it is a determinism on a reduced level. Instead of being able accurately to predict two quantities, position and velocity, one can predict only a single quantity, the wave function. We have re-defined determinism, to be just half of what Laplace thought it was. Some people have tried to connect the unpredictability of the other half, with consciousness, or the intervention of supernatural beings. But it is difficult to make either case, for something that is completely random.

51. In order to calculate how the wave function develops in time, one needs the quantum laws that govern the universe. So how well do we know these laws. As Dirac remarked, Maxwell's equations of light, and the relativistic wave equation, which he was too modest to call the Dirac equation, govern most of physics, and all of chemistry and biology. So in principle, we ought to be able to predict human behavior, though I can't say I have had much success myself. The trouble is that the human brain contains far too many particles, for us to be able to solve the equations. But it is comforting to think we might be able to predict the nematode worm, even if we can't quite figure out humans. Quantum theory, and the Maxwell and Dirac equations, indeed govern much of our life, but there are two important areas beyond

their scope. One is the nuclear forces. The other is gravity. The nuclear forces are responsible for the Sun shining, and the formation of the elements, including the carbon and oxygen of which we are made. And gravity caused the formation of stars and planets, and indeed, of the universe itself. So it is important to bring them into the scheme.

66. The so called weak nuclear forces, have been unified with the Maxwell equations, by Abdus Salam and Stephen Weinberg, in what is known as, the Electro weak theory. The predictions of this theory have been confirmed by experiment, and the authors rewarded with Nobel prizes. The remaining nuclear forces, the so called strong forces, have not yet been successfully unified with the electro weak forces, in an observationally tested scheme. Instead, they seem to be described by a similar but separate theory, called QCD. It is not clear who, if anyone, should get a Nobel prize for QCD, but David Gross and Gerard 't Hooft, share credit for showing the theory gets simpler at high energies. I had quite a job to get my speech synthesizer to pronounce Gerard's surname. It wasn't familiar with apostrophe. The electro weak theory, and QCD, together constitute the so called Standard Model of particle physics, which aims to describe everything except gravity. The standard model seems to be adequate for all practical purposes, at least for the next hundred years. But practical or economic reasons, have never been the driving force in our search for a complete theory of the universe. No one working on the basic theory, from Galileo onward, has carried out their research to make money, though Dirac would have made a fortune if he had patented the Dirac equation. He would have had a royalty on every television, walkman, video game and computer.

84. The real reason we are seeking a complete theory, is that we want to understand the universe, and feel we are not just the victims of dark and mysterious forces. If we understand the universe, then we control it, in a sense. The standard model is clearly unsatisfactory in this respect. First of all, it is ugly and ad hoc. The particles are grouped in an apparently arbitrary way, and the standard model depends on 24 numbers, whose values can not be deduced from first principles, but which have to be chosen to fit the observations. What understanding is there in that? Can it be Nature's last word. The second failing of the standard model, is that it does not include gravity. Instead, gravity has to be described by Einstein's General Theory of Relativity. General relativity, is not a quantum theory, unlike the laws that govern everything else in the universe. Although it is not consistent to use the non quantum

general relativity, with the quantum standard model, this has no practical significance at the present stage of the universe, because gravitational fields are so weak. However, in the very early universe, gravitational fields would have been much stronger, and quantum gravity would have been significant. Indeed, we have evidence that quantum uncertainty in the early universe, made some regions slightly more or less dense, than the otherwise uniform background. We can see this in small differences in the background of microwave radiation from different directions. The hotter, denser regions will condense out of the expansion as galaxies, stars and planets. All the structures in the universe, including ourselves, can be traced back to quantum effects in the very early stages. It is therefore essential to have a fully consistent quantum theory of gravity, if we are to understand the universe.

106. Constructing a quantum theory of gravity, has been the outstanding problem in theoretical physics, for the last 30 years. It is much, much more difficult than the quantum theories of the strong and electro weak forces. These propagate in a fixed background of space and time. One can define the wave function, and use the Schroedinger equation to evolve it in time. But according to general relativity, gravity is space and time. So how can the wave function for gravity, evolve in time. And anyway, what does one mean by the wave function for gravity. It turns out that, in a formal sense, one can define a wave function, and a Schroedinger like equation for gravity, but that they are of little use in actual calculations.

115. Instead, the usual approach is to regard the quantum spacetime, as a small perturbation of some background spacetime, generally flat space. The perturbations can then be treated as quantum fields, like the electro weak and QCD fields, propagating through the background spacetime. In calculations of perturbations, there is generally some quantity, called the effective coupling, which measures how much of an extra perturbation, a given perturbation generates. If the coupling is small, a small perturbation, creates a smaller correction, which gives an even smaller second correction, and so on. Perturbation theory works, and can be used to calculate to any degree of accuracy. An example is your bank account. The interest on the account, is a small perturbation. a very small perturbation if you are with one of the big banks). The interest is compound. That is, there is interest on the interest, and interest on the interest on the interest. However, the amounts are tiny. to a good approximation, the money in your account, is what you put there. On the other hand, if the coupling is high, a perturbation generates a larger perturbation,

which then generates an even larger perturbation. An example would be borrowing money from loan sharks. The interest can be more than you borrowed, and then you pay interest on that. It is disastrous.

132. With gravity, the effective coupling is the energy or mass of the perturbation, because this determines how much it warps spacetime, and so creates a further perturbation. However, in quantum theory, quantities like the electric field, or the geometry of spacetime, don't have definite values, but have what are called, quantum fluctuations. These fluctuations have energy. In fact, they have an infinite amount of energy, because there are fluctuations on all length scales, no matter how small. Thus treating quantum gravity as a perturbation of flat space, doesn't work well, because the perturbations are strongly coupled.

140. Supergravity was invented in 1976 to solve, or at least improve, the energy problem. It is a combination of general relativity with other fields, such that that each species of particle, has a super partner species. The energy of the quantum fluctuations of one partner is positive, and the other negative, so they tend to cancel. It was hoped the infinite positive and negative energies would cancel completely, leaving only a finite remainder. In this case, a perturbation treatment would work, because the effective coupling would be weak. However in 1985, people suddenly lost confidence that the infinities would cancel. This was not because anyone had shown that they definitely didn't cancel. It was reckoned it would take a good graduate student, 300 years to do the calculation, and how would one know they hadn't made a mistake on page two. Rather it was because Ed Witten declared that string theory, was the true quantum theory of gravity, and supergravity was just an approximation, valid when particle energies are low, which in practice, they always are. In string theory, gravity is not thought of as the warping of spacetime. Instead, it is given by string diagrams, networks of pipes that represent little loops of string, propagating through flat spacetime. The effective coupling, that gives the strength of the junctions where three pipes meet, is not the energy, as it is in supergravity. Instead it is given by what is called, the dilaton, a field that has not been observed. If the dilaton had a low value, the effective coupling would be weak, and string theory, would be a good quantum theory. But it is no earthly use for practical purposes.

161. In the years since 1985, we have realized that both supergravity and string theory, belong to a larger structure, known as M theory. Why it should be

called M Theory, is completely obscure. M theory, is not a theory in the usual sense. Rather it is a collection of theories, that look very different, but which describe the same physical situation. These theories are related by mappings, or correspondences, called dualities, which imply that they are all reflections of the same underlying theory. Each theory in the collection, works well in the limit, like low energy, or low dilaton, in which its effective coupling is small, but breaks down when the coupling is large. This means that none of the theories, can predict the future of the universe, to arbitrary accuracy. for that, one would need a single formulation of M-theory, that would work in all situations.

**172. Up to now, most people have implicitly assumed that there is an ultimate theory, that we will eventually discover. Indeed, I myself have suggested we might find it quite soon. However, M-theory has made me wonder if this is true. Maybe it is not possible to formulate the theory of the universe in a finite number of statements. This is very reminiscent of Goedel's theorem. This says that any finite system of axioms, is not sufficient to prove every result in mathematics.**

179. Goedel's theorem is proved using statements that refer to themselves. Such statements can lead to paradoxes. an example is, this statement is false. If the statement is true, it is false. and if the statement is false, it is true. Another example is, the barber of Corfoo shaves every man who does not shave himself. Who shaves the barber? If he shaves himself, then he doesn't, and if he doesn't, then he does. Goedel went to great lengths to avoid such paradoxes, by carefully distinguishing between mathematics, like  $2+2=4$ , and meta mathematics, or statements about mathematics, such as mathematics is cool, or mathematics is consistent. that is why his paper is so difficult to read. but the idea is quite simple. First Goedel showed that each mathematical formula, like  $2+2=4$ , can be given a unique number, the Goedel number. The Goedel number of  $2+2=4$ , is \*. Second, the meta mathematical statement, the sequence of formulas A, is a proof of the formula B, can be expressed as an arithmetical relation between the Goedel numbers for A- and B. Thus meta mathematics can be mapped into arithmetic, though I'm not sure how you translate the meta mathematical statement, 'mathematics is cool'. Third and last, consider the self referring Goedel statement, G. This is, the statement G can not be demonstrated from the axioms of mathematics. Suppose that G could be demonstrated. Then the axioms must be inconsistent, because one could both demonstrate G, and show that

it can not be demonstrated. On the other hand, if G can't be demonstrated, then G is true. By the mapping into numbers, it corresponds to a true relation between numbers, but one which can not be deduced from the axioms. Thus mathematics is either inconsistent, or incomplete. The smart money, is on incomplete.

**202. What is the relation between Goedel's theorem, and whether we can formulate the theory of the universe, in terms of a finite number of principles. One connection is obvious. According to the positivist philosophy of science, a physical theory, is a mathematical model. So if there are mathematical results that can not be proved, there are physical problems that can not be predicted. One example might be the Golbach conjecture. Given an even number of wood blocks, can you always divide them into two piles, each of which can not be arranged in a rectangle. That is, it contains a prime number of blocks.**

**210. Although this is incompleteness of sort, it is not the kind of unpredictability I mean. Given a specific number of blocks, one can determine with a finite number of trials, whether they can be divided into two primes. But I think that quantum theory and gravity together, introduces a new element into the discussion, that wasn't present with classical Newtonian theory. In the standard positivist approach to the philosophy of science, physical theories live rent free in a Platonic heaven of ideal mathematical models. That is, a model can be arbitrarily detailed, and can contain an arbitrary amount of information, without affecting the universes they describe. But we are not angels, who view the universe from the outside. Instead, we and our models, are both part of the universe we are describing. Thus a physical theory, is self referencing, like in Goedel's theorem. One might therefore expect it to be either inconsistent, or incomplete. The theories we have so far, are both inconsistent, and incomplete.**

**224. Quantum gravity is essential to the argument. The information in the model, can be represented by an arrangement of particles. According to quantum theory, a particle in a region of a given size, has a certain minimum amount of energy. Thus, as I said earlier, models don't live rent free. They cost energy. By Einstein's famous equation,  $E = mc^2$ , energy is equivalent to mass. And mass causes systems to collapse under gravity. It is like getting too many books together in a library. The floor would give way, and create a black hole that would swallow the information. Remarkably enough, Jacob Bekenstein and I, found that the amount of**

information in a black hole, is proportional to the area of the boundary of the hole, rather than the volume of the hole, as one might have expected. The black hole limit on the concentration of information, is fundamental, but it has not been properly incorporated into any of the formulations of M theory that we have so far. They all assume that one can define the wave function at each point of space. bUt that would be an infinite density of information, which is not allowed. On the other hand, if one can't define the wave function point wise, one can't predict the future to arbitrary accuracy, even in the reduced determinism of quantum theory. What we need, is a formulation of M theory, that takes account of the black hole information limit. But then our experience with supergravity and string theory, and the analogy of Goedel's theorem, suggest that even this formulation, will be incomplete.

**243. Some people will be very disappointed if there is not an ultimate theory, that can be formulated as a finite number of principles. I used to belong to that camp, but I have changed my mind. I'm now glad that our search for understanding will never come to an end, and that we will always have the challenge of new discovery. Without it, we would stagnate. Goedel's theorem ensured there would always be a job for mathematicians. I think M theory will do the same for physicists. I'm sure Dirac would have approved.**

250. Thank you for listening.