

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA DE EDUCAÇÃO E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA**

WILLIAN DOS SANTOS GODOI

**A CRÍTICA AS IDEIAS SIMPLES E OS ASPECTOS DO PENSAMENTO
COMPLEXO DE GASTON BACHELARD E EDGAR MORIN**

CURITIBA

2016

WILLIAN DOS SANTOS GODOI

**A CRÍTICA AS IDEIAS SIMPLES E OS ASPECTOS DO PENSAMENTO
COMPLEXO DE GASTON BACHELARD E EDGAR MORIN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial ao grau de mestre em Filosofia.

Prof. Orientador: Dr. Kleber Bez Birolo Candiotto

CURITIBA

2016

Porque a mente é como um paraquedas, só funciona depois de aberta.

Frank Zappa

A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Programa de Pós-graduação da PUC-PR, principalmente ao prof. Dr. Ericsson Falabretti e a Antonia Poletini pelo incentivo, pela paciência e pela ajuda. Agradeço também a CAPES pela bolsa de mestrado que me ajudou a realizar a presente pesquisa.

Agradeço ao meu orientador prof. Dr. Kleber Candioto por toda ajuda e incentivo e pela ajuda na orientação.

Agradeço também aos amigos Renato dos Santos e Jociely Priscila Schimidt pelas dicas e conselhos que me ajudaram muito na finalização dessa dissertação.

Agradeço também ao professor Cleverson Leite Bastos que me ajudou com o tema da pesquisa e me indicou o caminho que eu poderia seguir.

Agradeço a minha família pela compreensão e pelo incentivo nos tempos difíceis.

RESUMO

A presente dissertação tem como objetivo analisar na perspectiva de Gaston Bachelard e Edgar Morin o desenvolvimento do pensamento complexo e suas contribuições à ciência a partir da crítica as ideias simples e absolutas geradas no campo da filosofia e da ciência. Apontaremos também as semelhanças e divergências entre os autores no que se refere a “complexidade” ao explicitarmos como cada autor parte do desdobramento de ideias simples para a compreensão do desenvolvimento científico. Para Bachelard e Morin o pensamento filosófico e científico partem muitas vezes de pontos de vista fechados por ideias simples e absolutas que acabam sendo reforçadas por métodos de pesquisa reducionistas, que buscam investigar e compreender a realidade e seus fenômenos a partir da aceitação de que todos os eventos são constituídos pela junção e composição de elementos simples. Na perspectiva de Bachelard a complexidade dos fenômenos foi considerada um erro ou mera aparência para a pesquisa científica do período moderno e, somente com o desenvolvimento da ciência contemporânea percebeu-se que não existiam fenômenos de tipo simples. Dessa forma, utilizamos o pensamento de Bachelard para apresentar a crítica sobre as filosofias que não conseguiam entender o “novo espírito científico” que foi animado por uma junção entre razão e experiência, que de maneira conjunta conseguiam apreender a complexidade do real. Edgar Morin critica a ciência por seguir um paradigma de simplificação que partia do pressuposto de que a realidade seria mais bem conhecida a partir da análise e da disjunção das partes simples de um objeto, buscando então um paradigma da complexidade que poderia ser um substituto eficaz para o pensamento de tipo simplificador.

Palavras-chave: Complexidade, ideias simples, reducionismo, determinismo, racionalismo aplicado, paradigma.

ABSTRACT

The present dissertation aims to analyze the development of complex thinking and its contributions to science from the perspective of Gaston Bachelard and Edgar Morin from the criticism of the simple and absolute ideas generated in the field of philosophy and science. We will also point out the similarities and divergences between the authors regarding "complexity" when explaining how each author starts from the unfolding of simple ideas for the understanding of scientific development. To Bachelard and Morin the philosophical and scientific thought are closed by ideas of simple and absolute type reinforced by reductionist research methods that seek to investigate and understand reality and its phenomena, from the acceptance that all events are constituted by the junction and composition of simple elements. The great problem is that philosophical and scientific thought did not take into account a specific kind of reflection that could conceptualize and describe the complexity presented by contemporary science. In this way, we use Bachelard's thought to present the criticism about philosophies that could not understand the "new scientific spirit" that was animated by a combination of reason and experience that together managed to apprehend the complexity of the real. Edgar Morin criticizes science for following a simplification paradigm based on the assumption that reality would be better known from the analysis and disjunction of the simple parts of an object, thus seeking a paradigm of complexity that could be an effective substitute for the thinking of simplifying type.

Key-words: Complexity, simples ideas, reductionism, determinism, applied rationalism, paradigm.

SUMARIO

INTRODUÇÃO	6
1 A FILOSOFIA DA CIÊNCIA COMO UMA POLIFILOSOFIA	14
1.1.1 O aspecto empírico da primeira e da segunda forma da noção de “massa” .	19
1.1.2 A simplificação da noção de massa no racionalismo newtoniano	21
1.1.3 O racionalismo completo da física relativista	25
1.1.4 O racionalismo dialético da mecânica de Dirac.....	30
1.2 O PROBLEMA DAS IDÉIAS DE NATUREZA SIMPLES PARA AS NOVAS CIÊNCIAS GEOMÉTRICAS E FÍSICAS	36
1.2.1 As geometrias não-euclidianas e o problema das paralelas	37
1.2.2 A física não-newtoniana e o problema da simultaneidade	49
1.2.3 O reducionismo e o ideal determinista sob a luz da Teoria cinética dos gases e do princípio da incerteza de Heisenberg.....	56
2 ORIGENS, INSPIRAÇÕES E O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO COMPLEXO DE EDGAR MORIN	68
2.1 ORIGENS DA TEORIA DA COMPLEXIDADE DE MORIN	69
2.1.1 Contribuições da Teoria da informação para a teoria da complexidade de Morin	74
2.1.2 Contribuições da Cibernética para a teoria da complexidade de Morin	81
2.1.3 Contribuições da Teoria geral dos sistemas para a teoria da complexidade de Morin	87
2.2 O PENSAMENTO COMPLEXO DE EDGAR MORIN E O ELO ENTRE A FÍSICA, A BIOLOGIA E A ANTROPOSSOCIOLOGIA.....	103
2.2.1 O pensamento complexo a partir da Física.....	105
2.2.2 O pensamento complexo a partir dos fenômenos biológicos e antropossociais	115
2.2.3 A ligação conceitual entre Física, Biologia e Antropossociologia.....	128
3 REFLEXÕES SOBRE A COMPLEXIDADE A PARTIR DE GASTON BACHELARD E DE EDGAR MORIN	137
3.1 O CARÁTER COMPLEXO DA FILOSOFIA CIENTÍFICA SEGUNDO BACHELARD	139
3.2 A EPISTEMOLOGIA NÃO-CARTESIANA DE GASTON BACHELARD.....	145
3.3 O PARADIGMA SIMPLIFICADOR A PARTIR DE EDGAR MORIN	154
3.4 O PARADIGMA DA COMPLEXIDADE E REFLEXÕES SOBRE A CIÊNCIA A PARTIR DE MORIN	159
3.5 ASPECTOS DO PENSAMENTO COMPLEXO DE GASTON BACHELARD E EDGAR MORIN	165
CONSIDERAÇÕES FINAIS	176
REFERÊNCIAS	181

INTRODUÇÃO

Na presente dissertação apontaremos a relação entre a proposta dos pensadores franceses Gaston Bachelard e Edgar Morin para a reflexão sobre a importância de um pensamento complexo para a ciência. Os autores partem de problemas similares para apresentar o desenvolvimento do pensamento científico contemporâneo com base na complexidade.

Bachelard e Morin escrevem a partir dos problemas científicos contemporâneos do período deles, sendo que cada autor procura apresentar as suas teorias e as suas reflexões a partir de linhas de pesquisas específicas, por exemplo: Bachelard desenvolve o seu pensamento a partir do campo das ciências que envolvem a matemática, enquanto Morin se interessa pelas relações entre ciência e sociedade. Bachelard também apresenta reflexões sobre a sociedade e a ciência, conforme apontaremos na noção de “cidade científica” ou “comunidade científica” e Morin também se interessa pelo papel e pela realização da matemática.

O que nos interessa apontar aqui é que quando nos referirmos à “ciência contemporânea” queremos dizer as ciências ou formas de pensamento científico que se desenvolveram a partir das revoluções da física iniciadas por Einstein e pela física quântica no início do século XX. Bachelard (BACHELARD, 2009, p. 206) defende a ideia que o advento dessas novas físicas romperam com o modelo de pensar da modernidade, sendo que o papel da matemática como realizadora de fenômenos e eventos que não podem ser previstos pela experiência é um dos aspectos principais trazidos pelas novas físicas.

A crítica dos autores se direciona contra o pensamento de tipo cartesiano que postulou a cisão entre sujeito e objeto, e a redução dos fenômenos da realidade a seus caracteres simples¹, afirmando que a realidade poderia ser conhecida de maneira clara através do método de análise.

Bachelard afirmou que o surgimento de ciências como a física da relatividade de Einstein e a quântica fizeram emergir, além de diversos tipos de questionamentos sobre a natureza do real, problemas relacionados à abordagem

¹ “Simples” pode ser entendido como o elemento básico, aquilo que é não precisa de nada para ser formado, ou, que não é composto. Achava-se que o “átomo” era a partícula mais simples que formava as coisas, mas descobriu-se que o átomo é composto, sendo formado por prótons e elétrons. Ideias simples são ideias de base que fundamentam toda estrutura ou todo pensamento sobre determinada coisa.

filosófica do desenvolvimento das ciências. Assim, segundo Bachelard (BACHELARD, 1972, p. 20), a ciência não possuía a filosofia que ela merecia. A principal crítica do pensador seria a de que as ciências de sua época haviam apresentado novas qualidades do real, principalmente no que versaria sobre as relações e interações entre os fenômenos, e a filosofia através de suas reflexões não conseguiam dar conta de explicar a complexidade dos fenômenos apresentados pela ciência.

Bachelard apontou para a importância de um novo pensamento para as ciências que levasse em consideração e refletisse sobre a complexidade dos fenômenos apresentados pela ciência contemporânea. A complexidade, na perspectiva de Bachelard, estaria ligada a nova abordagem matemática adotada pelas ciências, pois somente ela seria capaz de apresentar características que passariam despercebidas pelo método empírico comum e que não contemplariam a complexidade do real.

O pensamento científico moderno foi guiado pelo ideal cartesiano de redução dos fenômenos naturais, segundo o qual, para compreendermos claramente os objetos, deveríamos reduzi-los a partes simples e analisá-los parte a parte. Dessa forma, tanto os fenômenos quanto as noções científicas deveriam ser simplificadas para poderem ser compreendidos perfeitamente.

A matemática para a ciência moderna reduzia-se apenas a descrever os fenômenos encontrados na natureza². Iniciava-se a pesquisa científica observando empiricamente os fenômenos que rodeavam o cientista, e este, considerava seu trabalho bem sucedido quando conseguia traduzir os fenômenos observados em uma linguagem matemática.

A investigação científica baseada em um pensamento reducionista postulava *a priori* a simplicidade dos fenômenos da natureza, apenas revelando então, as características simples dos fenômenos, pelo fato da experiência não conseguir captar além das características superficiais dos objetos. O pensamento científico da modernidade buscava apenas aquela simplicidade postulada por um pensamento de tipo cartesiano³, e desse modo, quando encontrava um objeto ou um fenômeno e

² Para Oliveira e Rodrigues (cf. 2013, p. 196) a matemática do período moderno tinha com função apenas de traduzir a realidade em termos matemáticos de maneira mais fiel possível.

³ Apontaremos não somente as críticas de Bachelard e Morin ao pensamento cartesiano, mas também, a relevância desse pensamento à ciência. Capra (CAPRA, 1997, p. 55) afirma que o “[...] método analítico de raciocínio é provavelmente a maior contribuição de Descartes à ciência. Tornou-

conseguia descreve-lo matematicamente, seu trabalho havia logrado êxito, pois a descrição matemática revelava um domínio sobre todas as características do objeto estudado.

A ciência contemporânea através de suas descobertas deixou de lado o ideal cartesiano e modificou sua forma de compreender a matemática, pois ela não se reduziria apenas a descrever os fenômenos encontrados na natureza pelo cientista. O cientista da contemporaneidade não se dirige diretamente a natureza para encontrar seus fenômenos, visto que os objetos que são estudados pelas novas ciências não podem mais ser captados pelos sentidos. O papel da matemática na ciência contemporânea passa a ser o de revelar realidades que estão ocultas pelos sentidos. A ciência começa a descobrir átomos, elétrons, curvaturas do tempo-espaço, entre outros, baseada em intuições matemáticas.

Na concepção de Bachelard (BACHELARD, 1978c, p. 157) o papel descobridor da matemática é a base da ciência contemporânea, e ela revelou que os fenômenos estudados pelos cientistas não eram tão simples como postulava o pensamento reducionista. No interior de uma noção científica existem várias relações matemáticas que revelariam o caráter complexo dos fenômenos estudados pela natureza. Se a simplicidade era afirmada pela prática puramente empírica do cientista, na ciência contemporânea que utiliza a matemática como forma de conceber a realidade, a simplicidade parece não existir.

A complexidade é a base de pesquisa da ciência contemporânea, visto que o método de teorização matemática e sua efetivação prática é em si mesmo complexo, visto que junta teoria e prática, e liga o sujeito (experimentador) ao objeto.

Bachelard percebe que as filosofias que tentaram compreender o desenvolvimento científico não levavam em consideração a complexidade dos fenômenos que eram apresentados pela ciência⁴ e também não compreendiam o papel construtivo da matemática para a ciência contemporânea.

Bachelard (BACHELARD, 1977a, p. 20) acusa a filosofia de tentar fixar pensamentos rígidos aos conceitos científicos, e esses, por se encontrarem em pura

se uma característica essencial do moderno pensamento científico e provou ser extremamente útil no desenvolvimento de teorias científicas e na concretização de complexos projetos tecnológicos". Veremos que Bachelard e Morin levam em consideração os aspectos positivos do método analítico no desenvolvimento científico.

⁴ Apresentaremos no primeiro capítulo as descobertas realizadas pela física newtoniana e a geometria não-euclidiana, assim como o papel da matemática que consiste em criar novos fenômenos e apresentar as relações entre eles.

mobilidade, não podiam ser descritos perfeitamente. A filosofia compreendia os fenômenos científicos apenas por um aspecto unilateral, o que acabava simplificando a análise sobre os fenômenos. As querelas entre o racionalismo e o empirismo⁵ foram um exemplo de filosofias que não conseguiam compreender completamente a complexidade dos fenômenos científicos.

Para Bachelard (BACHELARD, 1977, p. 7) a ciência contemporânea é animada pela junção entre razão e experiência. Desse modo, necessitaria de uma filosofia complexa, que abarcasse as potencialidades do racionalismo e do empirismo para compreender o pensamento científico contemporâneo. Separados, o empirismo e o racionalismo não conseguiram entender o pensamento dinâmico da ciência contemporânea, visto que cada uma encerrava os objetos dentro de suas teorias e não dialogavam entre si.

Edgar Morin, por sua vez, parte da problemática de que as ideias simples, geradas por um pensamento simplificador, são um entrave para a compreensão sobre a complexidade da realidade. O pensamento reducionista é prejudicial no momento que não permite que tenhamos uma compreensão mais completa dos fenômenos da realidade.

Para Morin, o pensamento simplificador e reducionista tem origem com o filósofo Descartes, e se instala no pensamento científico moderno como um paradigma que guia a pesquisa e o método científico. O paradigma cartesiano “[...] separa o sujeito e o objeto, cada uma com a sua esfera própria, a filosofia e pesquisa reflexiva, de um lado, a ciência e a pesquisa objetiva, de outro” (MORIN, 2011c, p. 274).

Morin (MORIN, 2014, p. 202) afirma que a divisão cartesiana entre sujeito e objeto foi o grande marco do pensamento simplificador, pelo fato de ter gerado a ideia de que a realidade possui uma objetividade que pode ser conhecida de maneira clara sem a intervenção do sujeito.

⁵ Nas palavras de Barbosa (BARBOSA, 2003, p. 36): “A crítica ao Racionalismo e ao Empirismo tradicionais permeia toda a obra epistemológica de Bachelard, que defende a ideia de um Racionalismo Aplicado”. O “racionalismo aplicado” é um conceito que une razão e experiência, buscando representar o modo de investigação científica que parte do pensamento à experiência. Bachelard difere o racionalismo aplicado do racionalismo tradicional no seguinte ponto: “Para este racionalismo (aplicado) prosperar, muito diferente por isso do racionalismo tradicional, a aplicação não é uma mutilação” (BACHELARD, 1978a, p. 5). Para Bachelard, por exemplo, o “racionalismo da física newtoniana” mutila o real ao explicar a noção de matéria sem levar em consideração a noção de “tempo”, que será apresentada pela física relativista de Einstein.

O pensamento reducionista, na concepção de Morin (MORIN, 2014, p. 27), mutila os conhecimentos sobre os fenômenos e a realidade, não conseguindo levar em consideração a natureza complexa dos fenômenos. O reducionismo opera também uma divisão entre as disciplinas e as áreas do saber, dessa forma, as ciências da natureza, as ciências biológicas e as ciências do homem não conseguem manter um diálogo sobre as suas descobertas nem relacionar os seus conhecimentos, de forma que possam olhar o mesmo objeto de estudo de maneira multidimensional.

A pesquisa isolada de cada disciplina gera um saber parcial sobre o fenômeno analisado, pois, na concepção de Morin (MORIN, 2014, p. 270) é necessária a inscrição das ciências da natureza e biológicas na esfera das ciências do homem, visto que a ciência é feita a partir de uma cultura inscrita dentro de uma sociedade, que possui interesses sobre a pesquisa e que, por sua vez, muda seu modo de pensar através das descobertas científicas e do desenvolvimento da ciência.

Morin a partir do seu trabalho, busca elaborar um pensamento com base na complexidade que procure religar as disciplinas isoladas, religar o sujeito ao objeto e combater as ideias simples, mostrando que o conhecimento simples é fruto apenas de um método simplificador, que dissipa a complexidade do real.

O estudo teórico deste trabalho foi eminentemente de caráter bibliográfico pautado na literatura dos autores em questão e dos comentadores e pesquisadores que se dedicaram a estudar a “complexidade”.

Esta dissertação está dividida em três capítulos. O primeiro capítulo dará ênfase a filosofia de Bachelard, e encontra-se estruturado em dois tópicos principais: o 1.1) O conceito de massa sob múltiplas perspectivas filosóficas e o 1.2) O problema das ideias de natureza simples para as novas ciências geométricas e físicas. No tópico 1.1) focaremos na análise polifilosófica⁶ da noção científica de “massa”. Mostraremos a partir das ideias de Bachelard, que um único conceito científico poderia passar por diversos tipos de análise filosófica durante a evolução da ciência. A noção científica de “massa” através de um viés puramente empírico apresentava-se como um objeto de natureza simples, e dessa maneira, a filosofia empírica acreditava que esse conceito estava totalmente explicado e que nenhuma

⁶ Bachelard utiliza o termo “polifilosofia” para designar o papel de descrição de vários pensamentos sobre um determinado objeto. Utilizaremos o conceito de “massa” como exemplo dessa polifilosofia.

evolução poderia fazer com que a análise sobre a massa mudasse a compreensão científica sobre ela. Com o emprego da matemática, a partir do seu papel descobridor e inventivo pela física de Einstein e de Dirac, a noção simples de massa se deforma e começa a apresentar uma complexidade que não poderia ser apreendida jamais somente pelos sentidos. A matemática começa a abrir a noção simples e fechada do conceito de massa. A evolução filosófica que passa por um conceito serve para mostrar que não existiria um pensamento filosófico absoluto que conseguiria explicar completamente uma noção, conforme a noção científica vai se desenvolvendo, a análise filosófica tem que ir mudando pra compreender esse conceito, assim como a sua mobilidade. O polifilosofismo apresentado por Bachelard seria capaz de compreender de maneira mais completa o objeto científico apresentado pela ciência contemporânea.

No tópico 1.2) do primeiro capítulo exploraremos mais detidamente a ideia da abertura das ideias consideradas simples. E apresentaremos que a abertura das noções de base simples foi o que possibilitou o progresso científico nas áreas da física e da geometria. Veremos que a simplicidade mutila as noções e os fenômenos, e que a ciência contemporânea apoiada num ideal matemático inventivo tem como base a complexidade dos fenômenos. Encerraremos esse capítulo comentando sobre o ideal reducionista da ciência moderna, que reduziu toda a realidade a partículas mecânicas, de modo a corroborar com a ideia de simplificação dos fenômenos.

No segundo capítulo daremos prioridade para a explicação sobre o desenvolvimento e os problemas que levaram Edgar Morin a desenvolver um pensamento baseado na complexidade. Esse capítulo terá dois tópicos principais: o 2.1) Origens da teoria da complexidade de Morin e o 2.2) O pensamento complexo de Edgar Morin e o elo entre a física, a biologia e a antropossociologia.

No tópico 2.1) apresentaremos as ideias que contribuíram para o desenvolvimento do pensamento complexo de Morin. Apresentaremos a teoria da informação, a cibernética, a teoria geral dos sistemas e a auto-organização, pois o autor utiliza os conceitos e os problemas trazidos por essas disciplinas para elaborar um pensamento que consiga abarcar a complexidade do real. Essas disciplinas fogem do modelo de explicação reducionista e simplificador, pois elas tratam de problemas complexos relacionados a interação entre sujeito e objeto, a união com outras áreas do saber e apresentam problemas novos que o pensamento

simplificador não pode dar conta de resolver. Procuraremos apresentar também, que Morin não faz apenas uso dos conceitos dessas disciplinas, mas ele os complexifica, tornando-os mais ricos e com uma área de alcance mais abrangente por estarem sendo usados para a resolução de outros problemas.

No tópico 2.2) desse capítulo trataremos da junção entre as áreas da física, da biologia e da antropossociologia utilizando os conceitos das disciplinas que foram analisadas no tópico antecedente. Partindo das ideias de ordem, desordem e organização o autor procura inscrever os fenômenos físicos dentro dos campos biológico e antropossocial. O autor utiliza o aspecto organizacional do conceito de “máquina” para fazer a junção entre as disciplinas, mostrando que elas podem ser analisadas a partir do seu aspecto de transformar desordem em ordem.

O terceiro capítulo do trabalho conterà cinco tópicos, sendo os dois primeiros destinados exclusivamente ao pensamento complexo de Bachelard, o terceiro e quarto dedicados ao pensamento complexo de Morin, e o quinto e último tópico dedicado as relações entre o pensamento dos dois autores. Os seguintes tópicos compõem esse capítulo: 3.1) O caráter complexo da filosofia científica segundo Bachelard, 3.2) A epistemologia não-cartesiana de Gaston Bachelard, 3.3) O paradigma simplificador a partir de Edgar Morin, 3.4) O paradigma da complexidade e reflexões sobre a ciência a partir de Morin, e 3.5) Aspectos do pensamento complexo de Gaston Bachelard e Edgar Morin.

No tópico 3.1) desse capítulo apresentaremos as reflexões de Bachelard acerca da complexidade. Iremos nos deter primeiramente no conceito de “racionalismo aplicado” que seria a ideia de que a ciência contemporânea ao partir da teorização matemática para encontrar seus fenômenos necessitaria que houvesse uma prática empírica que realizasse aquilo que foi apontado pela matemática. A razão matemática⁷ guia a experiência científica e não existe mais na ciência contemporânea a disputa entre o empirismo e o racionalismo, o que existe é a cooperação de duas filosofias que se complementam.

No tópico 3.2) falaremos sobre a epistemologia não-cartesiana proposta por Bachelard, que se propõem a analisar a complexidade do pensamento científico contemporâneo. A epistemologia não-cartesiana é oposta a ideia de simplificação dos fenômenos e da absolutização dos métodos filosóficos que pretendam explicar

⁷ Bachelard (BACHELARD, 1978a, p. 16) entende que a matemática por ser abstração faz parte do racional.

os conceitos científicos. O ideal não-cartesiano crítica o pensamento simplificador e reducionista, de modo a procurar compreender a complexidade essencial apresentada pela ciência contemporânea.

O tópico 3.3) trata do paradigma clássico de simplificação, afirmando que ele teve origem com o pensamento analítico de Descartes. As doutrinas mecanicistas, deterministas, assim como o método que reduz os fenômenos da realidade à ideias simples e o pensamento científico moderno foram guiadas pelo paradigma cartesiano, segundo Morin. Após termos apresentado os problemas da simplificação, conceituamos nesse tópico o argumento do autor sobre o método que guiou o pensamento científico na modernidade.

No tópico 3.4) apresentamos as reflexões de Morin sobre os problemas do pensamento simplificador para a ciência. O autor não nega que o pensamento simplificador trouxe êxitos notáveis à ciência, mas em compensação a ciência também apresenta aspectos negativos graças a essa simplificação, como exemplo, a superespecialização dos cientistas que conhecem a sua área mas são cegos para as outras, o desconhecimento da sociedade sobre o trabalho do cientista, o desconhecimento do próprio cientista sobre o poder de investigação da ciência e seus aspectos maléficos para a sociedade.

No último tópico faremos uma relação entre os pensamentos complexos de Bachelard e Morin, apontando os aspectos em comum, as relações entre as ideias dos autores, assim como as diferenças entre eles. Levaremos em conta no decorrer de nosso trabalho, principalmente a crítica dos autores as ideias simples, que segundo eles são ideias que mascaram a complexidade do real, descrevendo então como cada autor concebe e entende o problema do reducionismo e da complexidade. Apresentaremos a crítica dos autores ao pensamento cartesiano que além de postular a simplificação como método, ocasionou a separação entre sujeito e objeto e a divisão entre as disciplinas do saber. Faremos as comparações entre os autores nos momentos pertinentes e procuraremos mostrar através do pensamento dos autores que a ciência contemporânea já não pode mais ser compreendida a partir de um pensamento simplificador ou reducionista.

1 A FILOSOFIA DA CIÊNCIA COMO UMA POLIFILOSOFIA

A complexidade deve ser o caráter essencial de uma filosofia que vise compreender o desenvolvimento científico contemporâneo, segundo Gaston Bachelard. A filosofia bachelardiana é partidária de um polifilosofismo capaz de compreender o objeto da ciência em sua complexidade, ou segundo o pensador “para caracterizar a filosofia das ciências seremos então conduzidos a um pluralismo filosófico, o único capaz de informar os elementos tão diversos [...]” (BACHELARD, 1978a, p.8) da atividade científica contemporânea⁸.

As ciências operaram uma mudança epistemológica em que a complexidade dos fenômenos deveria ser levada em consideração pela ciência e pelos cientistas com o fim de se dirigir a uma objetivação mais completa do objeto investigado. Se o cientista precisaria pensar o objeto em sua complexidade, a filosofia científica deveria seguir o exemplo do cientista e pensar o objeto de maneira a não privilegiar apenas um tipo de método filosófico, que acabaria levando ao empobrecimento e ao entravamento da reflexão sobre o conhecimento científico, assim como, a limitação e a mutilação do conhecimento sobre as relações que compõem o “ser” do objeto estudado. “Pediremos [...] aos filósofos que acabem com a ambição de encontrar um ponto de vista único e fixo para ajuizar do conjunto de uma ciência tão vasta e tão evolutiva como é a Física” (BACHELARD, 1978a, p. 8).

A crítica de Bachelard direcionou-se às filosofias⁹ que pretendiam apresentar ideias simples e absolutas para explicar ou descrever os objetos do conhecimento científico e que, desse modo, não conseguiriam ser capazes de compreender a complexidade dos fenômenos apresentados pelas ciências contemporâneas. As ideias simples e absolutas são um obstáculo para o pensamento científico contemporâneo, pois, acomodam a investigação científica em um pensamento que

⁸ Conforme pg. 6.

⁹ Veremos as críticas de Bachelard em relação as formas de pensamento que visam encontrar e definir os objetos últimos do conhecimento científico, por exemplo: o realismo postula que um fenômeno encontra-se dado na natureza, bastando ao cientista encontrá-lo e descrevê-lo. Nas palavras de Ferreira (FERREIRA, 2008, p. 10) “Em *A terra e os devaneios da vontade*, Gaston Bachelard apresenta de maneira clara a filosofia realista, até então por todos seguida, mostrando que primeiro se vê e depois se imagina o mundo”. No pensamento científico, o realismo apresenta a ideia de que os problemas científicos emergem primeiro de um mundo observado, para só então o cientista estudá-lo e descobrir a resolução dos problemas; o idealismo afirma que os dados de um objeto dependem do sujeito que os vai contemplar; em qualquer um dos casos, não se leva em consideração que tanto o sujeito quanto o objeto são essenciais para a descoberta e a descrição dos fenômenos científicos. Veremos que Bachelard utiliza o conceito de “racionalismo aplicado” para apontar o procedimento do método científico contemporâneo.

pareceria terminado e que não teria mais a necessidade de ser investigado devido ao seu entendimento e a sua aparente finalização.

A epistemologia cartesiana por ter sido o sistema filosófico que postulou através de um ideal reducionista a compreensão dos objetos com base na simplificação, foi o pensamento criticado por Bachelard, pois teria como base do seu pensamento a redução da complexidade dos fenômenos em ideias simples e a consideração de ideias gerais e absolutas como guia da investigação científica. A epistemologia cartesiana considerava como simples os processos compostos, e procurava colocar aquilo que seria considerado como simples e claro como a base de construção dos processos complexos da realidade.¹⁰

Os objetos do conhecimento científico contemporâneo não possuem como característica aquilo que é simples e claro, sendo necessário pensar a ciência além do ponto de vista reducionista e simplificador cartesiano. Apresentaremos então a proposta bachelardiana para uma “epistemologia não-cartesiana”¹¹, que procuraria levar em consideração o estudo dos objetos da ciência em suas relações com outros objetos e com outras noções científicas. A epistemologia não-cartesiana apresentada por Bachelard, teria como objetivo, compreender o objeto científico sem desconsiderar as relações e interações que o constituem.

Explicaremos a proposta de Bachelard à reflexão filosófica sobre a ciência, procurando levar em consideração o caráter complexo que essa filosofia deveria possuir ao tratar dos objetos das ciências contemporâneas. De acordo com Japiassú (JAPIASSÚ, 1976, p. 33): “[...] todo cientista se apoia, quer queira, quer não, consciente ou inconscientemente, numa filosofia”. Com isso, Bachelard procura

¹⁰ O método cartesiano consiste nesses quatro preceitos: “O **primeiro** era o de nunca aceitar algo como verdadeiro que eu não conhecesse claramente como tal; ou seja, de evitar cuidadosamente a pressa e a prevenção, e de nada fazer constar e distintamente a meu espírito que eu não tivesse motivo algum de duvidar dele”; “O **segundo**, o de repartir cada uma das dificuldades que eu analisasse em tantas parcelas quantas fossem possíveis e necessárias a fim de melhor solucioná-las”; “O **terceiro**, o de conduzir por ordem meus pensamentos, iniciando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para elevar-me, pouco a pouco, como galgando degraus, até o conhecimento dos mais compostos, e presumindo até mesmo uma ordem entre os que não precedem naturalmente uns aos outros”; “E o **último**, o de efetuar em toda parte relações metódicas tão completas e revisões tão gerais nas quais eu tivesse a certeza de nada omitir” (DESCARTES, 2004, p. 49, 50).

¹¹ “A epistemologia não-cartesiana” é o último capítulo da obra “O novo espírito científico” de Bachelard. Nesse capítulo o autor procura condenar todo tipo de pensamento que vise a simplificação de fenômenos complexos. Bachelard não cria uma “epistemologia não-cartesiana” ou um método que acabe com as simplificações e reduções de conceitos complexos, mas previne contra os problemas de um pensamento reducionista.

apresentar uma filosofia que consiga captar a mudança epistemológica realizada pelas novas ciências.

As principais características da ciência contemporânea são a sua “abertura”¹² e o seu dinamismo. A filosofia da ciência, portanto, que pretenda fazer jus ao pensamento científico deveria pensar abertamente e dinamicamente os conceitos científicos.

Um pensamento filosófico único e de maneira isolada que tenha como objetivo explicar o desenvolvimento da atividade científica contemporânea impõe à ciência os seus princípios rígidos, não levando a compreensão da abertura conceitual realizada pelo pensamento científico. Para Bachelard, as filosofias¹³ que se propuseram a analisar as novas ciências não conseguiram expor de maneira adequada a mobilidade do pensamento científico, pelo fato das ciências estarem em constante mudança e as filosofias não conseguirem acompanhá-las por estarem fechadas em ideias gerais e absolutas que tentavam fixar e tornar rígidas a mobilidade do pensamento das ciências hodiernas.

O pensamento filosófico que se debruçava a compreender as questões científicas, segundo Bachelard, eram solidárias geralmente ao empirismo ou ao racionalismo, e isso resultava que a escolha de uma dessas posições filosóficas ocasionava na exclusão da outra. Bachelard atenta para o fato de que se analisássemos filosoficamente o pensamento científico contemporâneo, perceberíamos que ele é animado por um duplo movimento obrigatório que seria entre o a priori e o a posteriori, pois “[...] o empirismo e o racionalismo estão ligados, no pensamento científico, por um estranho laço, tão forte como o que une o prazer à dor” (BACHELARD, 1978a, p. 4).

A filosofia que pretenda explicar o pensamento científico contemporâneo fechando-o dentro de uma única filosofia, tanto empírica quanto racionalista, não conseguiria apreender o poder dialetizante do espírito científico contemporâneo, que vai do a priori ao a posteriori e do empirismo ao racionalismo. A ciência tem “[...] necessidade de uma filosofia com dois pólos. Mais exatamente ela tem necessidade

¹²Entendemos “ciência aberta”, como uma ciência que está sempre apta a modificar suas noções de base, seus métodos, seus pensamentos, e desse modo, se encontra sempre em mudança.

¹³Bachelard crítica qualquer tipo de pensamento que tente enquadrar os conceitos científicos dentro de esquemas gerais e absolutos, a obra bachelardiana “[...] defende uma polaridade epistemológica, mostrando que para se adequar à ciência atual, a filosofia das ciências deve ser uma filosofia de dois pólos: realista e idealista, empirista e racionalista, ao mesmo tempo” (LIMA, MARINELLI, 2011, p. 394).

de um desenvolvimento dialético, porque cada noção se esclarece de uma forma complementar segundo dois pontos de vista filosóficos diferentes” (BACHELARD, 1978a, p. 5).

Percebemos que o pensamento científico contemporâneo é em si mesmo complexo, pelo fato de operar através de uma dialética¹⁴ entre duas filosofias distintas e antagônicas. Bachelard afirma que poder-se-ia negar o caráter de complexidade do pensamento científico, se o compreendêssemos como um simples dualismo, entretanto, “[...] a polaridade epistemológica é para nós a prova de que cada uma das doutrinas filosóficas que esquematizamos pelos nomes de empirismo e racionalismo é o complemento efetivo da outra. Uma acaba a outra” (BACHELARD, 1978a, p. 5).

Segundo Barbosa (BARBOSA, 1985, p. 114) Bachelard apresenta a importância de se refletir sobre um pensamento filosófico que seria adepto de um pluralismo filosófico capaz de apreender a complexidade apresentada pelo pensamento científico, sem que a filosofia se limite a um único ponto de vista, o que simplificaria e tornaria incompleta a descrição acerca dos objetos e das noções da ciência contemporânea.

De acordo com Bulcão (BULCÃO, 1981, p. 30), a tarefa da filosofia da ciência através de uma polifilosofia trata-se de “[...] analisar o conhecimento científico, a partir de várias filosofias, considerando-se que, em sua evolução, ele [polifilosofismo] sofreu a influência [...]” de diversas posições filosóficas. E ainda:

se admitimos que no seu progresso a ciência apresenta filosofias diversas e até mesmo contraditórias, que se alternam ou coexistem, fazendo da atividade científica uma atividade variada, precisamos de um “polifilosofismo” para pensar a ciência em toda a sua plenitude. A ciência contemporânea não pode, pois, se deixar apreender por uma única filosofia porque ela não é homogênea, apresentando em si os elementos mais diversificados (BULCÃO, 1981, p. 30).

¹⁴ Segundo Canguilhem (CANGUILHEM, 2009, p. 207) “[...] a dialética segundo Bachelard designa uma consciência de complementariedade e coordenação dos conceitos cujo motor não é a contradição lógica. Esta dialética procede tão pouco das contradições, que seu efeito retroativo consiste, ao contrário, em mostra-las ilusórias, não por certo no nível de sua superação, senão no de sua posição”. A contradição aparece quando o pensamento simplificador e reducionista considera entre dois pontos de vista, apenas um como verdadeiro. A dialética bachelardiana procura mostrar os aspectos complementares entre termos considerados antagônicos. Podemos também fazer uma comparação entre a dialética de Bachelard e a “dialógica” de Morin, na página 122 desse trabalho, apresentamos a definição de “dialógica” que seria uma ferramenta para entendermos a contraditoriedade dentro de um pensamento complexo.

O pensamento filosófico que queira compreender em sua integridade o desenvolvimento e a mobilidade do pensamento científico precisa levar em consideração o pluralismo filosófico (polifilosofia). Para expor a ideia desse pluralismo filosófico, apresentaremos um exemplo utilizado por Bachelard, referente a uma noção científica que poderia ser interpretada por pelo menos cinco perspectivas filosóficas diferentes. Apontaremos através do exemplo dado pelo filósofo, a mobilidade do pensamento científico contemporâneo e o problema de uma única filosofia querer fixar um método para descrever uma noção científica que se apresenta através de diversas filosofias.

1.1 O CONCEITO DE MASSA SOB MÚLTIPLAS PERSPECTIVAS FILOSÓFICAS

Apresentaremos, seguindo o pensamento de Bachelard, cinco formas de explicações filosóficas acerca da noção de “massa”: a primeira e a segunda forma da noção apresentam-se sob um aspecto empírico vulgar e mal elaborado; a terceira forma que surge com a mecânica newtoniana, opera uma mudança de pensamento em relação a um simples empirismo, pois apresenta uma noção de massa através da perspectiva racionalista (utilizando então a matemática); a quarta forma é representada pela física da relatividade de Einstein, que apresenta a massa como uma relação de noções complexas; e por fim, a quinta forma é apresentada pela mecânica de Paul Dirac, que conceitua a complexidade da noção através de uma dialética negativa.

A quarta e a quinta são as formas de apresentação mais completas da noção científica de massa demonstradas por um método de caráter racionalista matemático essencialmente ligado ao pensamento das ciências contemporâneas. Bachelard denomina de filosofias ultra-racionalistas a quarta e a quinta forma de apreciação da noção de massa, pois elas fogem de um simples racionalismo fechado, operando a verdadeira junção entre razão e experiência.

Além de utilizarmos o conceito de “massa” para demonstrar a quantidade de filosofias que se debruçaram na tentativa de explicar apenas uma noção científica, procuraremos também apontar que a noção de massa era considerada como uma noção simples e clara para o pensamento filosófico que procurava estudá-la. A noção de massa era considerada simples até o racionalismo newtoniano, porém, a partir do desenvolvimento do racionalismo completo einsteiniano, veremos que a

noção de massa passaria a ser demonstrada através de relações e interações entre outras noções científicas.

Procuraremos apontar que conforme o conceito científico vai se tornando complexo com o desenvolvimento da ciência, as filosofias que se propuseram a explicá-lo foram gradualmente sendo modificadas e progrediram a um nível mais ordenado de explicação. Para Bachelard “[...] o sentido da evolução epistemológica é claro e constante: a evolução de um conhecimento particular caminha no sentido de uma coerência racional” (BACHELARD, 1978a, p. 12).

1.1.1 O aspecto empírico da primeira e da segunda forma da noção de “massa”

A noção de massa em sua primeira forma era compreendida sob uma apreciação filosófica grosseira, uma vez que era notada apenas quantitativamente e como que impacientemente desejosa de realidade. A massa era apreciada pela visão e uma contradição entre o real e o pensado começa justamente do conhecimento primeiro ou de um conhecimento quantitativo apressado. Bachelard a esse respeito afirma que o conhecimento primeiro:

adquire-se na contradição entre o grande e o pesado. Uma casca vazia contra avidez. Desta decepção nasce um acontecimento valorizado que o contador de fábulas apresentará como símbolo da experiência adquirida pelos “velhos”. Quando se tem um objeto na palma da mão, começa-se a compreender que o maior não é necessariamente o mais rico. Uma perspectiva de *intensidades* vem rapidamente aprofundar as primeiras visões de quantidade. Logo em seguida a noção de massa interioriza-se (BACHELARD, 1978a, p. 13, grifo do autor).

A quantificação da massa e a relação desta com a grandeza são frutos de um empirismo apressado e isento de qualquer análise crítica acerca do objeto observado, fazendo com que se interiorize no pensamento uma valorização daquilo que é grande. Sobre isso, afirma Bachelard: “[...] o senso comum despreza a massa das coisas miúdas, das coisas ‘insignificantes’. Em resumo, a massa só é uma *quantidade* se for suficientemente grande” (BACHELARD, 1978a, p. 14, grifo do autor).

A análise primitiva do conceito de massa foi facilmente generalizada por um empirismo de primeira aproximação, pois acreditava-se fielmente numa massa relacionada com o seu tamanho. Basicamente, a noção de massa nessa forma de

apreciação primitiva não encontra uma objetivação segura, pelo fato de que para um observador o tamanho de um objeto não representa garantia de certeza sobre o peso real do objeto estudado. Uma solução para esse problema foi o conceito de massa ser levemente racionalizado por um instrumento de medição.

Em sua segunda forma, o conceito de massa foi melhor abordado empiricamente, pois se iniciou o abandono do empirismo primitivo que julgava a massa pelo seu tamanho, e passou-se a medir a massa através de um instrumento de precisão, dando então uma objetivação mais precisa do que aquela dada apenas pelo olhar.

Segundo Bachelard, o conceito de massa está diretamente ligado à “[...] utilização da balança. Beneficia-se imediatamente da objetividade instrumental. Notemos, no entanto que se pode evocar um longo período em que o instrumento precede a sua teoria” (BACHELARD, 1978a, p. 15). Em referência a primeira forma de objetivação dada pela quantidade, a segunda forma de objetivação é melhor justamente pela precisão do peso do objeto.

Convém destacar que o uso da balança trouxe dificuldades, pois a “doutrina da balança” se sobrepôs as teorias científicas relacionadas ao estudo da massa. Acreditava-se que primeiro o objeto deveria ser medido, e somente após os resultados obtidos pela medição, é que o objeto estaria pronto para ser estudado pelos cientistas.

Bachelard afirmou que com a balança a doutrina realista¹⁵ ficou satisfeita, visto que não se questionaria sobre as propriedades do objeto, o objeto é seu peso, e neste caso, a balança precede qualquer teoria. O instrumento de medição é a verdade absoluta. Inicia-se, então, o que autor denominou de “conduta da balança”, que:

atravessa gerações, transmite-se na sua simplicidade, como uma experiência fundamental. Ela não é mais do que um caso particular da utilização simples de uma máquina complicada, de que encontramos naturalmente inúmeros exemplos cada vez mais surpreendentes no nosso tempo em que a máquina mais complicada é governada *simplesmente*, com um conjunto de *conceitos empíricos* racionalmente mal concebidos e mal articulados, mas reunidos de uma forma pragmaticamente segura (BACHELARD, 1978a, p. 15, grifo do autor).

¹⁵ Bachelard crítica o realismo pelo fato dessa doutrina postular um real que existiria independente da pesquisa científica. Barbosa (BARBOSA, 2003, p. 36) afirma que para Bachelard, a ciência através da teoria, constrói a realidade, isto é, a ciência contemporânea é inventiva.

Pode-se aprimorar o instrumento de medição, mas o pensamento ainda continua simples, sendo que por gerações confiou-se fielmente na balança como instrumento que expressa a realidade do conceito de massa. O pensamento científico que analisava a massa com base em um instrumento de medição sofreu alterações significativas com o desenvolvimento da ciência do século XVII, mais especificamente com a física newtoniana, pois começou-se a considerar a noção de massa além do aspecto ligeiramente apreendido pela experiência.

1.1.2 A simplificação da noção de massa no racionalismo newtoniano

A terceira forma de apreciação da noção de massa é apresentada por um aspecto racional e ganha mais clareza com o surgimento da mecânica racionalista de Newton no século XVII. Apontaremos uma mudança significativa de pensamento, em que, indo além do método empírico, começou-se a aprofundar o estudo da massa com base em métodos racionalistas.

Assim, segundo Bachelard, o nascimento da mecânica newtoniana estaria vinculado com:

a época da *solidariedade nocional (notionnelle)*. À utilização simples e absoluta de uma noção segue-se a utilização correlativa das noções. A noção de massa define-se então num *corpo de noções* e já não apenas como um elemento primitivo de uma experiência imediata e direta (BACHELARD, 1978a, p. 16, grifo do autor).

A mecânica newtoniana concebeu uma noção de massa distinta daquela apresentada na primeira e na segunda forma da apreciação apoiadas sob um empirismo apressado e grosseiro. As primeiras duas formas de massa que apresentamos são semelhantes no seguinte quesito: apresentam um caráter estático de massa e se baseavam num realismo que concebia a massa como algo simples que podia ser descrita unicamente a partir da visão e da medida. Por sua vez a mecânica newtoniana concebeu a massa de maneira dinâmica, levando em conta toda a sua mobilidade.

A massa não seria algo tão simples que se encontraria simplesmente jogada na natureza de maneira inerte, e que poderia ser apreendida facilmente pela doutrina realista. Na mecânica newtoniana a noção de massa relaciona-se com

diversas noções, e um exemplo disso é que a noção de “[...] massa será definida como o quociente da força pela aceleração” (BACHELARD, 1978a, p. 16).

Com a física de Newton, a noção de massa torna-se mais complexa em relação à noção simples e inerte apresentada pelas duas formas anteriores. A massa da mecânica newtoniana relaciona-se com outras noções, que são as de força e aceleração, sendo que essa relação é “[...] claramente racional dado que esta relação é perfeitamente analisada pelas leis racionais da aritmética” (BACHELARD, 1978a, p. 16).

Um pensamento de cunho realista teria considerado as noções de massa, aceleração e força como totalmente distintas uma das outras. A própria física de Newton afirmou que elas eram noções absolutas. Segundo Bachelard há um afastamento dos princípios fundamentais do realismo justamente quando se relacionam as três noções, dado que:

qualquer destas três noções pode ser apreciada através de substituições que introduzem ordens realísticas diferentes. Aliás, a partir da existência da correlação, poder-se-á *deduzir* uma das noções, seja ela qual for, a partir das outras duas (BACHELARD, 1978a, p. 16, grifo do autor).

Sabendo que as três noções estão relacionadas, pode-se descobrir uma variável não conhecida de uma das noções através de uma equação matemática em que duas das três noções sejam conhecidas.

Se o conceito de massa torna-se mais complexo através das relações e interações entre as noções, pode-se afirmar que ela torna-se também mais clara. Sob suas duas primeiras formas, a massa era estudada sob uma forma claramente realista e estática, por sua vez, com a mecânica newtoniana, a massa começa a ser “[...] estudada num *devoir* dos fenômenos, como coeficiente de *devoir*” (BACHELARD, 1978a, p. 16, grifo do autor).

Uma definição de massa para as filosofias baseadas em aspectos empíricos era entendida apenas como quantidade de matéria, na mecânica newtoniana essa definição foi apresentada como um resultado de interação entre diferentes noções.

Foi no processo de racionalização da massa que pudemos perceber o caráter de complexidade das noções científicas, sendo que Bachelard afirma:

é no sentido da complicação filosófica que se desenvolvem verdadeiramente os valores racionalistas. [...] A razão não é de forma

alguma uma faculdade de simplificação. É uma faculdade que se esclarece enriquecendo-se. Desenvolve-se no sentido de uma **complexidade crescente** [...] (BACHELARD, 1978a, p. 16, grifo nosso).

Um empirismo apressado não seria capaz de compreender os avanços racionalistas introduzidos pela mecânica newtoniana, pois não seria capaz de compreender apenas empiricamente que noções distintas se relacionam de maneira complexa através do racionalismo da mecânica newtoniana. A filosofia que não levasse em consideração o desenvolvimento matemático da física de Newton, correria o risco, ao analisar essa noção, de considerá-la simples. No caso da massa, a matemática prova que ela é constituída por relações e interações entre outras noções e, portanto, vem daí a sua complexidade.

Sobre o pensamento realista, Bachelard afirma que para interpretar a noção realista das noções “[...] é necessário passar do realismo das coisas ao realismo das leis” (BACHELARD, 1978a, p. 17). Através de formulações matemáticas, poderíamos deduzir o valor desconhecido de uma noção caso conheçamos o valor da outra noção que está conjugada com a noção desconhecida. Desse modo, em relação às noções científicas o realismo antes de postular a simplicidade do objeto deverá ser “[...] vasculhado por todos os lados, em todas as suas noções, sem nunca poder dar conta, utilizando os seus próprios princípios [...]” (BACHELARD, 1978a, p. 17). O realismo deveria ser guiado por uma filosofia de cunho racionalista¹⁶, pois somente dessa maneira consideraria a complexidade do objeto estudado e as noções que o permeiam.

Para Bachelard, em relação à mecânica newtoniana, uma observação deve ser destacada:

É preciso vermos que, uma vez estabelecida a relação fundamental da dinâmica, a mecânica se torna toda ela verdadeiramente racional. Uma matemática especial associa-se à experiência e racionaliza-a; a mecânica racional situa-se num valor apodítico (BACHELARD, 1978a, p. 17).

Além da física de Newton apresentar-nos uma noção científica interligada por um conjunto de relações, ela nos apresenta também a possibilidade de matematização dos conceitos científicos ou uma capacidade de matematizar os fenômenos encontrados na natureza.

¹⁶ Bachelard não quer reduzir o realismo ao racionalismo, mas sim afirma que a filosofia realista deve levar em consideração as descobertas realizadas pela razão.

O racionalismo da mecânica newtoniana “[...] dirigiu toda a Física matemática do século XIX.” (BACHELARD, 1978a, p.17). Devido ao sucesso da matematização dos fenômenos da natureza, a física newtoniana tornou-se base para outros tipos de pesquisa dentro da própria física¹⁷. Alguns elementos da física newtoniana acabaram se tornando verdadeiros princípios de orientação para toda a ciência que visasse explicar problemas relacionados à mecânica, e até mesmo para outras ciências que tivessem a necessidade de medir e explicar matematicamente os fenômenos.

As noções que a física newtoniana “[...] escolheu como fundamentais: espaço absoluto, massa absoluta, permanecem, em todas as construções, elementos simples e separados, sempre reconhecíveis” (BACHELARD, 1978a, p. 17). Essas noções eram consideradas sempre como a priori pelo pensamento newtoniano e, desse modo, vinham antes de qualquer experiência como se fossem certezas absolutas e a base de toda a filosofia científica em que o cientista deveria se guiar antes de começar a realizar qualquer tipo de experiência.

Essas noções eram consideradas também como isoladas uma das outras, e partia-se sempre da premissa que o espaço e a massa absolutos não tinham nenhuma relação entre si, o que fazia com que o racionalismo newtoniano se fechasse dentro de seus próprios princípios e, desse modo, parecia aos cientistas que os elementos da física newtoniana eram sempre absolutos e de nenhuma maneira pareciam existir outros princípios que pudessem nortear a pesquisa

¹⁷ Para Ilya Prigogine, em “A nova aliança”, devido ao sucesso das previsões da física newtoniana a maioria das ciências começa a seguir o mesmo modelo. Inclusive “Aos olhos da Inglaterra do século XVIII, Newton é o novo Moisés a quem as “tábuas da lei” foram reveladas. [...] Toda uma nação se congrega para comemorar o acontecimento de um homem que descobriu a linguagem que a natureza fala — e à qual ela obedece. [...] No dealbar do século XIX, o nome de Newton tende a congregar tudo o que, descoberto ou em via disso, tem valor de modelo para as ciências. Mas, curiosamente, nessa época o método sofre interpretações divergentes. Antes de tudo, alguns têm a idéia dum protocolo de experiência matematizável. Para eles, a química teve o seu Newton em Lavoisier, que consagrou o uso sistemático da balança e definiu uma química quantitativa como estudo dos balanços invariantes de massa durante as transformações da matéria. Para outros, a estratégia newtoniana consiste em, diante de um conjunto de fenômenos, isolar um fato central, irreduzível e específico, do qual tudo se poderá deduzir. Segundo esta interpretação, a exemplo de Newton, cujo traço de gênio é precisamente o de ter renunciado a explicar a força da atração, cada disciplina adotará como ponto de partida um fato desse tipo, inexplicado e base de toda a explicação. A partir de então, os médicos se sentiram autorizados por Newton a revestir da linguagem moderna o discurso vitalista e a falar de uma força vital sui generis. É o mesmo papel que foi chamada a desempenhar em química a afinidade, força de interação específica, irreduzível às leis do movimento das massas.” (PRIGOGINE, 1991, p.19, 20) O método newtoniano passa por uma série de interpretações, mas as duas mais significativas são a de que o universo pode ser matematizável (ou seja, reduzido a matemática) e a de que dentro de um estudo poderia se isolar (retirar o objeto do seu ambiente) um objeto e a partir disso poderiam se fazer inferências a partir da análise desse objeto

científica, pelo menos até o surgimento das mecânicas relativista de Einstein e a quântica. Comentaremos sobre a mudança epistemológica referente a esses princípios absolutos no tópico seguinte.

Após havermos considerado a terceira forma da noção de “massa” pelo racionalismo da mecânica newtoniana, consideraremos agora a noção de “massa” pelas físicas de Einstein e de Dirac, levando em consideração o problema da complexidade que será apresentado mais claramente pelo estudo dessas duas formas de apreciação da noção científica de massa, através de um racionalismo mais complexo com base em um pensamento matemático que guia a atividade prática do cientista, o que leva Bachelard a denominar essas duas físicas de filosofias ultra-racionalistas.

1.1.3 O racionalismo completo da física relativista

O quarto aspecto da concepção de noção científica de massa relaciona-se com o terceiro aspecto, que compreende como já expusemos o racionalismo da mecânica newtoniana. Com “[...] a era da Relatividade, surge uma época em que o racionalismo, essencialmente fechado nas concepções newtonianas [...] vai abrir-se” (BACHELARD, 1978a, p.18). A Relatividade de Einstein vai “deformar”¹⁸ os elementos absolutos da física newtoniana e mostrar através de uma racionalização matemática que esses elementos não são absolutos e que não estão separados um do outro como acreditava a física de Newton.

Para Bachelard a abertura das noções absolutas da física newtoniana podem ser explicadas através da própria noção de massa, sendo que ela “[...] realiza-se, por assim dizer, no interior da noção. Constata-se que a noção de massa tem uma estrutura funcional *interna*, ao passo que até então todas as funções de massa eram de certo modo *externas* [...]” (BACHELARD, 1978a, p. 18, grifo do autor).

A mecânica newtoniana conseguiu demonstrar racionalmente que a noção de massa é constituída por diferentes noções, porém, estas foram consideradas por muito tempo como as únicas noções que poderiam explicar o conceito de massa. A

¹⁸ Essa “deformação” de conceitos simples é a ideia principal de nossa dissertação, em vista de poder defender a noção de um pensamento complexo tanto em Bachelard quanto em Morin, uma vez que ambos os autores defendem a ideia de que é a deformação de ideias simples que permite ao pensamento científico se desenvolver.

massa para a mecânica newtoniana era uma conjugação de diferentes noções, e desse modo era estudada apenas por suas relações externas.

É interessante ressaltar que as noções de massa, força e aceleração são consideradas noções simples e claras pela mecânica newtoniana e a complexidade encontra-se na união dessas noções, porém, cada uma das noções é simples se consideradas separadamente. Bachelard denomina inclusive de átomos nocionais (*notionnels*) os elementos e as noções científicas da física newtoniana, pois “não teria significado colocar a respeito deles uma questão analítica” (BACHELARD, 1978a, p. 17).

A Relatividade por sua vez, considerou a noção de massa através de sua interioridade, apontando inclusive uma complexidade existente dentro da interioridade dessa noção. Com a Relatividade o conceito de massa denominado de átomo nocional que era considerado um conceito simples e, logicamente, um conceito sem sentido de ser colocado em análise, passa a ser objeto de análise e apresenta uma complexidade que nunca havia sido levada em consideração. Pela primeira vez “[...] um átomo nocional pode decompor-se; chega-se pois ao seguinte paradoxo metafísico: o elemento é complexo” (BACHELARD, 1978a, p. 18).

A noção de massa para a física Relativista é complexa em si mesma, portanto, é diferente da noção apresentada pela mecânica newtoniana que só era complexa em relação à junção das noções que permeavam o objeto. Para Bachelard:

a noção de massa só é simples em primeira aproximação. Com efeito, a Relatividade descobre que a massa, outrora definida como independente da velocidade, como absoluta no tempo e no espaço, como base de um sistema de unidades absolutas, é uma função complicada de velocidade (BACHELARD, 1978a, p. 18).

A massa é entendida como inseparável da velocidade, ou seja, se um objeto se move a massa desse objeto se modifica. Segundo a Relatividade, é impossível também pensar numa massa em repouso, devido às complicações do tempo-espaço introduzidos pela Relatividade. O objeto pode estar parado no espaço, mas o tempo continua a se mover, não existe repouso absoluto, o tempo e o espaço são indistintos, agora é tempo-espaço. E ainda:

pensar-se-á em vão poder definir uma massa em repouso, que constituiria uma característica própria desse objeto. O repouso absoluto não tem significado. Também é falha de significado a noção de *massa absoluta*. É impossível escapar a Relatividade, tanto no que se refere à massa como no que se refere às determinações do espaço-tempo (BACHELARD, 1978a, p. 18, grifo do autor).

A estrutura espaço-temporal apresentada pela Relatividade não permite que definamos o conceito de massa como algo “simples” e “claro” como queria a mecânica newtoniana, pois na própria interioridade do conceito de massa existe uma relação complexa entre o objeto e a velocidade.

Além da questão referente à temporalidade e a velocidade¹⁹, a Relatividade apresenta outra complicação em referência a noção de massa, sendo que na física relativista “[...] a massa já não é heterogênea à energia” (BACHELARD, 1978a, p. 18). A noção de massa para a física relativista é também energia, portanto, a noção simples de massa da mecânica newtoniana cede lugar para a noção de massa complexa apresentada pela física relativista.

A noção de massa ainda permanece como base das pesquisas científicas e “[...] esta noção de base é complexa” (BACHELARD, 1978a, p. 18). Apesar de explicitada a sua complexidade, essa noção muitas vezes ainda é vista com um elemento simples. Na aplicação do conceito de massa em determinadas ocasiões, poderia se simplificar a noção de massa ignorando algumas peculiaridades da noção complexa de massa apresentada pela Relatividade, porém, “[...] fora do problema da aplicação, e conseqüentemente ao nível das construções racionais a priori, o número das funções internas da noção multiplica-se” (BACHELARD, 1978a, p. 18). A noção pode ser simplificada²⁰ mas não considerada simples.

O racionalismo da massa através da complexificação do caráter elementar dessa noção mostra-se mais vivo e dinâmico na medida em que as diversas funções que integram o conteúdo da massa vão se pluralizando no interior dessa noção. A complexidade da noção de massa se torna mais clara a partir do momento em que a massa se racionaliza em diversas funções que organizam um único conceito.

¹⁹ Heisenberg afirma que as diferenças entre as físicas de Newton e de Einstein se referem a estrutura do universo concebidas por essas teorias e pela limitação da velocidade da luz. “A teoria da relatividade restrita revelou uma estrutura espaço-temporal um tanto diversa daquela que foi, em geral, admitida após o triunfo da mecânica newtoniana. O aspecto mais característico da nova estrutura do espaço-tempo é a existência de uma velocidade limite, que não pode ser ultrapassada por nenhum corpo material ou por sinal algum: a velocidade da luz.” (HEISENBERG, 1999, 224).

²⁰ De acordo com Nsonsissa (NSONSISSA, 2013, p. 86): “[...] o simples explica um objeto concebido dentro de uma clareza simples e evidente; enquanto o simplificado aponta para um objeto composto e que foi simplificado para se tornar mais claro e compreensível”.

O racionalismo da mecânica newtoniana²¹ era pautado na junção de diferentes tipos de noções simples que serviam para explicar o conceito de massa através de suas características externas. A física relativista também opera de um modo racionalista, mas não na junção de diferentes tipos de noções simples, mas apoia-se na interioridade de uma única noção que é constituída por diversos tipos de funções, e em uma única noção particular “[...] o racionalismo se multiplica, se segmenta, se pluraliza. O elemento sobre o qual a razão trabalha, será mais ou menos complexo de acordo com o grau de aproximação” (BACHELARD, 1978a, p. 18).

Dependendo da função utilizada dentro da noção de massa apresentada pela física relativista, a complexidade dessa noção apresenta-se de maneira distinta, e é justamente por essa capacidade de dinamizar a racionalização que a física relativista engloba em si toda a capacidade de trabalhar com as noções simplificadas da física newtoniana. A diferença essencial entre o racionalismo das físicas de Newton e Einstein é que a primeira se pauta num racionalismo fixo e a segunda num racionalismo dinâmico, e ainda, afirma o autor: “não existe razão absoluta. O racionalismo é funcional. É diverso e vivo” (BACHELARD, 1978a, p.18).

O racionalismo dinâmico²² da relatividade é um problema pra doutrina filosófica do realismo, pois a complexidade dos elementos se deve especialmente ao grau de aproximação em relação a esses elementos, sendo que na física relativista poderia se estudar a noção de massa como a mesma noção simples apresentada pela mecânica newtoniana. Isso significa que o realista deveria considerar uma hierarquia da aproximação em relação ao dado, visto que a física relativista permite uma consideração do elemento dentro de qualquer função encontrada no interior da noção do objeto estudado, e segundo essa hierarquia que o realismo deveria considerar, “[...] a medida que essa hierarquia se estende, quem não vê que ela infringe a função filosófica essencial do realismo para qual o dado deve ser um dado sem privilégio?” (BACHELARD, 1978a, p. 19).

O dado para o realismo é considerado como algo que já existe na natureza e que caberia apenas ao cientista ir nessa parte da natureza que se encontra o dado e

²¹ Ver nota 5 da pg. 8 deste trabalho.

²² O racionalismo é dinâmico pelo fato de trocar informações com a experiência, muito diferente do racionalismo tradicional que guiava a experiência mutilando o real. Se a experiência descobre algo diferente daquilo que foi desenvolvido em teoria, a teoria se modifica para tentar compreender o fenômeno.

então descrevê-lo de maneira objetiva. A objetividade do dado deveria ser clara e uma hierarquia desse dado acabaria comprometendo sua objetividade, visto que esse dado apresentaria resultados diferentes dependendo da função no seu interior que o cientista escolhesse, sendo que:

a função mais evidente de um dado, é precisamente a recusa de qualquer privilégio. Mas na realidade, o realista que assim hierarquiza a realidade científica realiza os seus próprios fracassos (BACHELARD, 1978a, p. 19).

A descoberta das funções internas de uma noção não foi mérito de uma filosofia de cunho realista, pois o progresso científico segundo Bachelard se deve a uma crítica à ciência já constituída, e no caso da relatividade, foi necessária uma crítica às noções de base simples da física newtoniana para que as características de complexidade internas dentro das noções pudessem ser comprovadas. O realismo não poderia aceitar a crítica de um novo pensamento à um pensamento científico já constituído, pois “[...] o realismo é uma filosofia onde se tem sempre razão. O realismo é uma filosofia que assimila tudo, ou que, pelo menos, absorve tudo. Só se constitui porque se pensa sempre constituído” (BACHELARD, 1978a, p. 19).

O realismo é uma filosofia cômoda, que por si mesma nunca mudaria sua constituição. Ao contrário do comodismo do realismo podemos confrontar a dinâmica do racionalismo. Segundo Bachelard, o realismo:

é uma filosofia que nunca se compromete, ao passo que o racionalismo se compromete sempre e arrisca totalmente em cada experiência. Mas, [...] neste caso, o sucesso está ao lado do maior risco” (BACHELARD, 1978a, p. 19).

O racionalismo matemático, ou pensamento guiado por uma matemática inventiva é quem dirige a pesquisa científica da Relatividade, pois, para o realismo, as noções simples da física newtoniana explicam perfeitamente a maioria dos fenômenos da natureza, e por sua vez, a física relativista só consegue comprovar a complexidade das noções de base através de funções matemáticas. Em geral o realismo não muda a constituição científica por estar sempre em conformidade com o senso-comum, e o conhecimento científico:

não poderia situar-se na continuidade com o bom-senso, que este novo espírito científico representava um jogo mais arriscado, que formulava teses que, antes de mais, podem ferir o senso comum (BACHELARD, 1972, p. 207).

A complexidade das funções dentro de uma noção de base (no nosso caso específico a noção de massa) geralmente entra em contradição com o aquilo que o senso-comum experimenta, pois a própria relação entre espaço-tempo apresentada pela relatividade é motivo de desconforto para as pessoas que não compreendem as formulações da física-matemática. Experimentar uma relação entre espaço-tempo, entender uma curvatura do espaço-tempo ou acreditar que o objeto muda de forma conforme se movimenta, só é possível através de uma racionalização matemática dos fenômenos. Bachelard afirma que “[...] o progresso científico manifesta sempre uma ruptura, perpétuas rupturas, entre o conhecimento comum e o conhecimento científico [...]” (BACHELARD, 1972, p. 207), e essas rupturas, se devem justamente ao fato das ciências contemporâneas terem “[...] todas o caráter numenal. Apresentam-se todas inicialmente como númenos à procura do seu fenômeno” (BACHELARD, 1978a, p. 19).

Sobre esse aspecto das ciências contemporâneas de procurar os fenômenos através dos númenos, podemos dizer que as ciências contemporâneas não partem diretamente da natureza, isto é, dos fenômenos, mas partem inicialmente de formulações matemáticas²³ para criar os objetos da natureza.

Bachelard aponta que a mecânica de Paul Dirac pauta-se diretamente sobre a teorização matemática em prol da construção dos fenômenos da natureza. Primeiramente ela cria diversas teorias matemáticas e depois analisa a realidade de cada teoria com o intuito de descobrir um fenômeno que ela possa revelar. Comentaremos sobre o papel da matemática em relação à noção de massa em nossa quinta e última forma de apreciação dessa noção.

1.1.4 O racionalismo dialético da mecânica de Dirac

Abordaremos a mecânica de Paul Dirac para caracterizar o nosso quinto aspecto filosófico da noção de massa, levando em conta o racionalismo dialético

²³ A ciência contemporânea é adepta do que Bachelard denominou de “racionalismo aplicado”, que é a junção entre uma racionalização matemática e realização prática do cientista sobre a teorização matemática, para construir o fenômeno apontado pela matemática. Explicaremos mais detidamente esse conceito no nosso último capítulo.

presente nessa noção. Procuraremos mostrar também as características filosóficas do realismo e do racionalismo dentro da experiência científica de Dirac. Em nossa quinta e última classificação da noção de massa perceberemos que:

o racionalismo contemporâneo não se enriquece apenas por uma multiplicação íntima, por uma complicação das noções de base; anima-se também numa **dialética** de certo modo externa que o realismo é impotente para descrever e, naturalmente mais impotente ainda para inventar (BACHELARD, 1978a, p. 19, grifo nosso).

A mecânica de Dirac diz respeito inicialmente à ideia de propagação. Entretanto, só poder-se-ia dizer exatamente o que se propaga após a experiência de propagação ter sido realizada. Se a seguinte pergunta fosse feita após se falar do fenômeno da propagação: “Da propagação de quê?”, estaríamos perante a necessidade do realismo ingênuo e urgente, que pretende sempre colocar o objeto antes dos seus fenômenos” (BACHELARD, 1978a, p. 19).

Comentamos a respeito da física relativista em relação à ideia de que a ciência contemporânea não parte da natureza para descobrir seus fenômenos, e sim, que constrói os fenômenos da natureza partindo de formulações matemáticas, com base nisso, poderemos perceber que a mecânica de Dirac corrobora com a ideia de uma prática científica que se inicia de um racionalismo matemático e, através desse, guiaria a experimentação científica para criar o seu real. O objeto não é colocado na realidade antes das teorizações matemáticas, pois:

na organização matemática do saber, é necessário preparar o domínio de definição antes de definir, exatamente da mesma maneira que, na prática do laboratório, é preciso preparar o fenômeno para o produzir (BACHELARD, 1978a, p. 20).

Na experiência científica contemporânea, a matemática aponta para uma possibilidade de construção de um fenômeno na realidade que não existe de maneira dada na natureza como queriam aqueles que se apoiavam em um pensamento realista. A matemática aponta a possibilidade de construção do real através da teorização matemática e cabe então ao cientista através da prática experimental (instrumentalização técnica) construir essa possibilidade do real apresentada pela matemática.

Poderíamos dizer que “[...] sob uma forma um pouco paradoxal, mas que nos parece sugestiva, pode dizer-se que a mecânica de Dirac examina em primeiro

lugar a propagação [...] num espaço de configuração” (BACHELARD, 1978a, p. 20). Só poderíamos afirmar o que se propaga depois de ter concluído a experiência da propagação, assim “a mecânica de Dirac é, pois, de saída, desrealizada” (BACHELARD, 1978a, p. 20).

Dentro da ideia de propagação, Dirac pluraliza suas funções, porém, essa pluralização só é possível desde que se abandone a intuição realista e se leve em conta que não é um objeto que está sendo propagado. Se não é um objeto que está sendo propagado então pode-se pluralizar as funções dentro da ideia de propagação, e através de funções matemáticas chega-se a diversas formas de propagação e também a diversas formas de fenômenos propagados.

Dirac leva em consideração a funcionalidade das formas de propagação sem se importar primeiramente com o que estaria sendo propagado. A partir da ideia das diversas funções de propagação, podemos perceber que é o “[...] cálculo que opera. [...] Em vez da melodia matemática que outrora acompanhava o trabalho do físico, é toda uma harmonia que romanceia matematicamente a propagação” (BACHELARD, 1978a, p. 20).

A melodia matemática a que Bachelard se refere poderia ser pensada em relação ao trabalho dos antigos físicos que utilizavam apenas as formulações matemáticas que fossem simples e que pudessem descrever os fenômenos de maneira mais precisa possível, descartando qualquer tipo de formulação matemática que fosse demasiado abstrata e que desse modo, só servisse pra descrever objetos abstratos que não teriam relação alguma com os fenômenos da natureza descritos pelas formulações simples feitas matematicamente pelos antigos físicos. A mecânica de Dirac, por sua vez, poderia ser chamada de harmônica, no sentido de que teria levado em consideração as diversas funções matemáticas dentro da ideia de propagação, não considerando de maneira simples apenas uma dessas formulações para explicar aquilo que é propagado.

Seguindo um realismo apressado, que consideraria que o que seria propagado seria um simples objeto, as funções dentro da ideia de propagação se reduziriam e seriam relativas somente a um objeto simples, não havendo então nenhuma descoberta científica significativa.

Em relação à noção de massa, as funções de propagação de Dirac apresentam-nos duas concepções de massa para um mesmo objeto, que seriam noções dialetizadas. A concepção de massa diz respeito às outras quatro noções de

massa que apresentamos, pois ela “[...] resume perfeitamente tudo o que se sabia da massa nas quatro filosofias precedentes: realismo ingênuo, empirismo claro, racionalismo newtoniano, racionalismo completo einsteiniano” (BACHELARD, 1978a, p. 20). A novidade então está presente na segunda noção de massa que pode ser considerada dialética da primeira porque se caracteriza como uma massa negativa²⁴, que é:

um conceito inteiramente inadmissível nas quatro filosofias antecedentes. Por conseguinte, uma metade da mecânica de Dirac reencontra e continua a mecânica clássica e a mecânica relativista; a outra metade diverge numa noção fundamental; dá origem a algo de diferente: suscita uma dialética externa, uma dialética que nunca teria sido encontrada meditando sobre a essência do conceito de massa, aprofundando a noção newtoniana e relativista de massa (BACHELARD, 1978a, p. 20).

As equações de propagação resultam numa noção de massa diferente da noção conhecida até então. As equações de Dirac apontam para uma nova noção de massa e, neste caso, poderíamos dizer que as equações da mecânica de Dirac mostram a possibilidade da descoberta de um novo fenômeno através da matematização, pois o conceito de massa negativa não poderia ser descoberto por uma análise puramente empírica da natureza.

A massa negativa não é um dado que se encontra jogado na realidade como queria a filosofia realista. O conceito de massa negativa, ao contrário, é uma construção das equações de propagação de Dirac e “deste modo a realização leva a melhor sobre a realidade. Esta primazia da realização desclassifica a realidade” (BACHELARD, 1978a, p. 21).

A respeito da noção de massa negativa, Bachelard comenta que poder-se-ia fazer uma objeção a essa noção pelo fato de que ela ainda não foi interpretada experimentalmente, portanto, seu exemplo de racionalização dialética poderia ser considerado vago. Conforme comentamos as equações de propagação mostram uma possibilidade de descobrir e realizar um novo fenômeno, e segundo Bachelard:

Esta possibilidade sublinha o valor da interrogação da Física matemática. [...] É um problema teoricamente preciso, respeitante a um fenômeno totalmente desconhecido. Este desconhecido preciso é precisamente o

²⁴ Segundo Moreira (MOREIRA, 2006, p. 171): “O que Bachelard chamava de massa negativa, seguindo a teoria relativística do elétron formulada por Dirac, foi interpretado ulteriormente como o pósitron, a primeira das antipartículas.”

inverso do irracional vago, ao qual o realismo frequentemente atribui um peso, uma função, uma realidade (BACHELARD, 1978a, p. 21).

A massa negativa pode não ter sido interpretada experimentalmente, porém, antes mesmo de se poder interpretá-la seu problema já é conhecido pela Física matemática de Dirac, portanto, a noção de massa negativa já é um problema teoricamente preciso. A noção de massa negativa está teoricamente construída na mecânica de Dirac, mas ainda falta encontrar a sua realização²⁵, que só pode ser feita pela atividade experimental do cientista.

Semelhante ao problema da massa negativa, a mecânica de Dirac também apresentou outra forma de energia, que foi denominada de energia negativa. Ela também era um problema preciso e do mesmo modo, não tinha sido interpretada experimentalmente, porém, a descoberta:

experimental do elétron positivo realizada por Blackett e Occhialini veio logo dar uma confirmação inesperada às idéias de Dirac. Na realidade, não foi o conceito de energia negativa que levou a procurar o elétron positivo. Aconteceu, como é freqüente, uma síntese acidental da descoberta teórica e da descoberta experimental, mas, mesmo assim, já estava pronto o leito em que o fenômeno novo se veio estender, justamente à sua medida. (BACHELARD, 1978a, p. 22)

A descoberta do elétron positivo não foi guiada pela ideia da existência da energia negativa, mas quando se descobriu a existência de um elétron positivo, a teoria sobre a energia negativa já estava pronta. A mecânica de Dirac apresentou a teoria sobre a energia negativa e quando se descobriu experimentalmente o elétron positivo, a teoria dialetizada de Dirac encontrou sua realização prática e teórica. Da mesma forma, a noção de massa negativa espera encontrar a sua realização.

Em relação à descoberta da noção de massa negativa Bachelard faz os seguintes questionamentos: “Qual vai ser a atitude do novo espírito científico perante um tal conceito?” e “[...] qual teria sido a atitude de um cientista da época precedente ao nível da Física do século XIX?” (BACHELARD, 1978a, p. 21).

²⁵ Dirac descobre a partícula negativa em 1931, mas a sua realização experimental acontecem em 1932 com o físico Carl Anderson. Segundo Leone (LEONE, 2014, p.479): “Em maio de 1931 Dirac elaborou a hipótese do anti-elétron da sua teoria do elétron quantum relativista. [...] Em setembro de 1932, Carl Anderson reportou sobre uma descoberta obtida durante um programa de pesquisa sobre radiação cósmica no laboratório Caltech em Pasadena, sobre a direção de Robert Millikan. Através de uma câmara de nuvem vertical operando sobre um forte campo magnético, Anderson fotografou de fato a passagem através do volume da câmara de gás [...] a passagem de uma partícula positivamente carregada tendo a massa comparável a do elétron, que foi mais tarde nomeada de “pósitron”.

A atitude do cientista do século XIX era pautada em uma filosofia realista e seria considerado um erro de cálculo caso os resultados das equações apresentassem uma massa negativa. Para o “[...] cientista do século XIX, o conceito de uma massa negativa teria sido um conceito monstruoso. Teria sido, para a teoria que o produziu, um erro fundamental” (BACHELARD, 1978a, p. 21).

Para o pensamento científico contemporâneo²⁶ a teoria sempre “[...] insiste, não hesita, a preço de algumas modificações de base, em procurar as realizações de um conceito novo, sem raiz na realidade comum” (BACHELARD, 1978a, p. 21). A noção de massa negativa só pode ser pensada por um racionalismo aberto e mesmo ao preço de ter que mudar todas as suas noções de base ele se arrisca para conseguir a realização do conceito de massa negativa.

A noção de massa negativa “quando formulada com toda a sua construção matemática antecedente, ela é precisamente uma abertura” (BACHELARD, 1978a, p. 22). A antecipação teórica é uma das características do novo espírito científico, a teoria precede a realização experimental, e quando o fenômeno predito se realiza, tanto a teoria quanto a prática se fundem.

Analisamos a noção de massa para apontar o caráter polifilosófico que perpassa essa noção durante o desenvolvimento da ciência, e percebemos que a massa foi objeto de análise de pelo menos cinco tipos de filosofias, que são as seguintes: realismo ingênuo, empirismo claro, racionalismo newtoniano, e os ultraracionalismos que englobam o racionalismo completo einsteiniano e racionalismo dialético da mecânica de Dirac.

A noção de massa só pôde ganhar mais clareza conceitual ao ser abordada por pensamentos filosóficos diferentes, devido ao fato dessas formas filosóficas apontarem para aspectos mais complexos e mais completos dessa noção e, além disso, pudemos perceber que até mesmo no racionalismo completo einsteiniano ainda podia-se descrever a noção de massa utilizando os conceitos do racionalismo newtoniano. Isso significa que se uma teoria científica explica mais detalhadamente uma noção científica, nada impediria que uma teoria anterior conseguisse descrever essa noção.

Utilizando a noção de massa como exemplo, procuramos demonstrar na perspectiva de Bachelard o aspecto dinâmico que uma filosofia das ciências deve

²⁶ Conforme nota 1 da pg. 6 desse trabalho.

adotar para poder abordar uma noção científica. A noção de massa aparentemente simples, se analisada pelo viés de um realismo ingênuo, torna-se complexa quando posta sob análise do racionalismo científico contemporâneo.

A filosofia da ciência hodierna deveria ser capaz de captar a complexidade que os objetos da ciência contemporânea apresentam, e desse modo, para que haja uma melhor compressão da complexidade científica é necessário que a filosofia não pretenda fixar uma única doutrina filosófica para tentar explicar as noções complexas apresentadas pela ciência contemporânea, correndo o risco de impedir a compreensão sobre a mobilidade do pensamento científico e analisando um objeto sob um viés unilateral.

A filosofia ultra-racionalista compreendida pela mecânica de Einstein e de Dirac revelam a complexidade da noção de massa. Havíamos comentado que o racionalismo das mecânicas de Dirac e Einstein podem ferir o senso-comum e a principal causa disso é o fato do bom-senso estar acostumado a explicar os objetos puramente pelos sentidos. A ciência contemporânea estuda os fenômenos a partir de um racionalismo de natureza matemática, apresentando contradições que não podem ser facilmente assimiladas pelo senso-comum.

A aplicação matemática utilizada pela ciência contemporânea permitiu o desdobramento das noções de base consideradas simples por um pensamento puramente empírico. A física de Einstein através da matemática transformou os conceitos considerados de absolutos pela física newtoniana e desse modo permitiu que houvesse uma evolução do pensamento científico. Iremos nos aprofundar no próximo tópico sobre o desdobramento das ideias simples, apresentando que a simplicidade só existe como simplificação das ideias complexas.

1.2 O PROBLEMA DAS IDÉIAS DE NATUREZA SIMPLES PARA AS NOVAS CIÊNCIAS GEOMÉTRICAS E FÍSICAS

No tópico anterior apresentamos a tese defendida por Bachelard de que somente um pensamento constituído por um pluralismo filosófico conseguiria apreender a complexidade dos objetos apresentados pela ciência contemporânea. Somente uma polifilosofia poderia ser capaz de apreender o pensamento complexo apresentado pelas novas ciências, pois, uma única filosofia que se empenhasse em tentar explicar o objeto científico acabaria mutilando a complexidade apresentada

pelo pensamento científico. A polifilosofia deveria ser então “[...] a única filosofia capaz de analisar a prodigiosa complexidade do pensamento científico [...]” (BACHELARD, 1978a, p. 9).

Apresentaremos as críticas de Bachelard às formas de pensamento que visam à acomodação da ciência em ideias (ou princípios) considerados como simples e absolutos. Assim, apontaremos as críticas da geometria não-euclidiana²⁷ à noção de “paralelas” da geometria de Euclides e a crítica da física não-newtoniana²⁸ à ideia de “simultaneidade” da física de Newton. Procuraremos apontar que tanto as “paralelas” quanto a ideia de “simultâneo” eram consideradas como ideias simples e absolutas pelas filosofias de caráter empírico e racionalista e, desse modo, foram um entrave para o desenvolvimento científico nessas áreas.

Desse modo, explicaremos que a física não-newtoniana e as geometrias não-euclidianas surgiram de críticas às essas ideias que eram consideradas simples, mas que só forneciam prova de sua simplicidade se fossem analisadas por seu aspecto fenomenal. Somente quando essas ideias simples e absolutas foram deformadas ou abertas, é que o conhecimento científico nessas áreas conseguiu progredir em apresentar as relações complexas dos conceitos científicos.

Além de apontarmos o surgimento dessas duas áreas pela crítica às ideias simples e absolutas, parece-nos importante ressaltar que o pensamento científico contemporâneo, apoiado em um ideal matemático se anima com a extensão e com as relações que as noções científicas fazem com outras noções. Mostraremos que a complexidade está diretamente ligada com a extensão e com as relações matemáticas das noções científicas.

1.2.1 As geometrias não-euclidianas e o problema das paralelas

Bachelard, ao buscar um pensamento que visasse à unificação das ciências, enxerga nas novas geometrias uma oportunidade de apresentar as suas reflexões filosóficas. Utilizaremos as geometrias não-euclidianas para apresentar dois

²⁷ O termo “não” da “Física não-newtoniana”, “Geometria não-euclidiana” e “Epistemologia não-cartesiana” não significam que o pensamento científico ou epistemológico nega o pensamento anterior. Quando Bachelard fala em Geometrias não-euclidianas não significa que as novas geometrias negam a geometria de Euclides, mas sim que as novas geometrias integram em seu pensamento o pensamento anterior. Dessa forma, “esse processo de negação não implica, contudo, o abandono das teorias anteriormente construídas. Trata-se, sim, de reordenar, de ir além de seus pressupostos, por introduzir uma nova racionalidade” (LOPES, 1996, p. 266).

²⁸ A física não-newtoniana é o mesmo que a física de Einstein ou a física relativista.

aspectos analisados por Bachelard, que foram introduzidos pelo surgimento dessa ciência: 1º) O primeiro aspecto se refere à dialetização do pensamento geométrico, ou poderíamos dizer a separação do pensamento euclidiano em direção a um pensamento não-euclidiano; 2º) O segundo aspecto se refere às possíveis condições de síntese das diferentes geometrias, sendo que Bachelard divide essa síntese em dois grupos: a) as sínteses seriam realizadas através de elementos correspondentes dentro de diferentes geometrias; b) o surgimento das ideias de grupo.

A ideia de dialética e síntese²⁹ da geometria analisada por Bachelard serve para especificar a dialética entre a razão e a experiência no interior do pensamento científico contemporâneo. A razão matemática apresentada pela geometria aponta o dinamismo da razão no interior da ciência. A geometria euclidiana não era formada por um racionalismo que a encerrava, a geometria não era completa e acabada como se imaginava.

Com o surgimento das geometrias não-euclidianas, a geometria euclidiana se expande, de modo que a dialética da geometria estaria inscrita na separação entre o euclidiano e o não-euclidiano, mas também, nas generalizações do euclidiano feitas pelo não-euclidiano. O racionalismo da geometria não-euclidiana abre e expande o racionalismo da geometria euclidiana. A geometria se dividiu e se alargou graças a um movimento de dialética e síntese.

Em relação à dialetização do pensamento geométrico, Bachelard afirma que “devemos pôr em evidência o jogo dialético que fundamentou o não-euclidismo, jogo que volta a abrir o racionalismo, a afastar esta psicologia duma razão encerrada, fechada em axiomas imutáveis” (BACHELARD, 1978c, p. 100). A unidade da geometria euclidiana durou aproximadamente dois mil anos³⁰ (mais ou menos entre 300 A.C com a criação dos “Elementos” de Euclides até aproximadamente entre os anos de 1829 e 1832 com os escritos de Nikolai Lobatchewski e János Bolyai referente a alternativas sobre o postulado das paralelas).

A geometria euclidiana foi fundamentada numa série de axiomas e até o surgimento das geometrias não-euclidianas seus axiomas permaneciam

²⁹ Veremos que a dialética dentro da geometria refere-se à separação entre a geometria euclidiana e não-euclidiana, enquanto a síntese seria a assimilação do pensamento euclidiano pelo não-euclidiano.

³⁰ Segundo Carl Benjamin Boyer (cf. 1996), a geometria não-euclidiana nasceu oficialmente em 1829 com o artigo de Lobatchewski intitulado “Sobre os Princípios da Geometria”.

incontestáveis. Com exceção do quinto axioma ou postulado³¹ da geometria euclidiana, que parecia não ser absolutamente inquestionável. O quinto postulado apresentado por Euclides é o famoso postulado das paralelas, e foi partindo desse postulado que os geômetras puderam questionar a possibilidade da existência de outras geometrias que não fossem as euclidianas. Bachelard afirma que “[...] d’Alembert considera a petição de Euclides relativa ao paralelismo como um teorema a demonstrar” (BACHELARD, 1978c, p. 101).

O quinto postulado de Euclides, ou o postulado das paralelas, foi considerado incontestável até o surgimento das geometrias não-euclidianas e, até então, poucos geômetras haviam se questionado sobre a real existência das paralelas e sobre a veracidade do postulado. Que o postulado de Euclides “[...] corresponde a uma verdade, a um fato matemático, ninguém então o duvida. Em outras palavras, para todos os geômetras até o fim do século XVIII, as paralelas existem” (BACHELARD, 1978c, p. 101). O postulado de Euclides era comprovado pela experiência comum e um realismo apressado também confirmaria a existência das paralelas, pelo fato delas conseguirem se ajustar ao mundo que rodeava a todos. Desse modo, pareceria justo afirmar que “a experiência usual legitima esta noção tanto diretamente como pelas suas conseqüências indiretas” (BACHELARD, 1978c, p. 101).

Para a experiência que permanecia acomodada com a capacidade da geometria euclidiana de explicar o mundo, não haveria necessidade de questionar a existência ou não das paralelas. Questionar a existência das paralelas parecia então apenas um exercício lógico que não teria ligação nenhuma com uma descoberta científica significativa.

O problema do postulado das paralelas era que os geômetras não conseguiam demonstrá-lo, mas apesar disso ele permanecia sendo um axioma. Os outros postulados de Euclides eram claros e incontestáveis, o quinto postulado era claro, mas não parecia ser incontestável. É diante de:

um teorema por demonstrar, de uma verdade por estabelecer, de um fato por legitimar que se colocam Shacheri e Lambert no século XVIII, Taurinus e De Tilly muito mais tarde no século XIX. (BACHELARD, 1978c, p. 101)

³¹Este postulado pode ser descrito da seguinte maneira: “Que, se uma reta cortando duas retas faz os ângulos interiores de um mesmo lado menores que dois ângulos retos, as retas, se prolongadas indefinidamente, se encontram desse lado em que dois ângulos são menores que dois ângulos retos.” (BOYER, 1996, p.73).

Esses matemáticos (Shacheri, Lambert, Taurinus e De Tily) começaram a desconfiar da veracidade do teorema das paralelas como afirmava o quinto postulado de Euclides. A dúvida sobre o quinto postulado começou a surgir com esses matemáticos. Embora eles não tivessem chegado a elaborar uma nova axiomática, eles se perguntaram o que aconteceria se o postulado sobre as paralelas fosse abandonado ou modificado.

As buscas desses matemáticos referente a veracidade do teorema das paralelas deram origem a um não-euclidismo primitivo, que consistia em fazer analogias entre as paralelas de um plano e os círculos sobre uma esfera. Eles perceberam que fazendo certas analogias entre as paralelas em um plano e as linhas curvas desenhadas sobre uma superfície esférica, “[...] vários teoremas se encadeiam da mesma maneira” (BACHELARD, 1978c, p. 101). Resumidamente, o método utilizado pelos matemáticos que começaram a duvidar da existência das paralelas, foi um método de analogia entre a geometria euclidiana e as geometrias não-euclidiana primitivas.

Segundo Bachelard, o questionamento trazido por essas novas formas de geometrias não-euclidianas primitivas colocaram “[...] em evidência a ideia filosófica geral da nova liberdade matemática” (BACHELARD, 1978c, p. 101). Partindo da dúvida referente ao quinto postulado de Euclides, esses matemáticos puderam analisar os tipos de planos em que as paralelas de Euclides se comportavam de maneira diferente daquela apresentada pelo postulado. Então, descobriram que o postulado de Euclides só apresentava as suas características quando as paralelas eram analisadas sobre superfícies planas. Quando se analisava as paralelas em uma superfície esférica, não se podia mais esperar aquilo que foi postulado pela petição de Euclides. A ideia filosófica que permeou a nova liberdade matemática sobre os teoremas da geometria se apresenta ao percebermos que:

o papel das entidades precede à sua natureza, e que a Essência é contemporânea da relação. Assim, compreender-se-á o problema levantado pela petição de Euclides quando se considerar verdadeiramente o papel das retas num plano, e não mais sua natureza de absoluto ou de ser, quando se souber, variando a aplicação, generalizar a função da noção de reta no plano, quando se fizer a instrução sobre o prolongamento das noções fora de seu domínio de base. (BACHELARD, 1978c, p. 101)

O quinto postulado de Euclides não poderia mais ser considerado como absoluto em relação às paralelas devido ao fato das novas geometrias comprovarem a ineficácia desse postulado em superfícies esféricas. Esse postulado perdeu então o caráter de universalidade quando se confrontava as paralelas de um plano em outros tipos de superfícies que não fossem as planas.

Além disso, interessa-nos notar que a teorização sobre o comportamento das paralelas só tem essência quando aplicadas a uma espécie de superfície. Antes dos matemáticos aplicarem as paralelas em superfícies planas, acreditava-se fielmente na realidade das paralelas, e acreditava-se então que as paralelas poderiam adaptar-se a qualquer superfície que pudesse existir.

A paralela enquanto conceito pertencente à geometria de Euclides era essencialmente uma noção de caráter “simples” e “claro”, além de ser considerada indubitavelmente verdadeira, e que poderia responder as demandas de diversos problemas apresentados pela ciência.

Sobre a simplicidade das paralelas apresentadas pela geometria euclidiana, Bachelard afirma que “a simplicidade não será mais, como a coloca a epistemologia cartesiana, a qualidade intrínseca duma noção, mas só uma propriedade extrínseca e relativa, contemporânea da aplicação, tomada numa relação particular” (BACHELARD, 1978c, p. 102). As paralelas não podem ser noções simples por si mesmas, elas somente poderão ser consideradas simplificadas em determinado tipo de aplicação.

As paralelas da geometria euclidiana não são mais suficientes para descrever todos os tipos de superfícies, logo, a questão da “realidade” dessas paralelas pode ser questionada em relação ao plano em que elas forem aplicadas. Desse modo, as paralelas de Euclides têm mais realidade numa superfície plana do que numa superfície esférica.

Segundo Bachelard, o surgimento do não-euclidismo “[...] reside na depuração duma noção pura, na simplificação duma noção simples” (BACHELARD, 1978c, p. 102). A depuração do não-euclidismo se refere claramente à dúvida empregada em relação ao quinto postulado da geometria euclidiana, sendo que o não-euclidismo parte da incerteza sobre a realidade das paralelas. A simplificação realizada pelo não-euclidismo refere-se à extensão e ao alongamento da noção de paralela. Uma paralela era considerada como uma noção clara e simples para o pensamento geométrico clássico, entretanto, com o desenvolvimento do não-

euclidismo, a noção simples de paralela cede lugar a uma noção complexa. Para a geometria não-euclidiana a paralela não é simples, mas pode ser simplificada³².

Consideram-se os fundadores da geometria não-euclidiana o matemático russo Nikolai Lobatchewski e o matemático húngaro János Bolyai. Bachelard afirma que comparada às pesquisas dos matemáticos que começaram a levantar dúvidas sobre o postulado das paralelas:

as construções de Lobatchewski e de Bolyai se apresentam numa dialética mais franca, pois a cadeia de teoremas que decorrem da escolha não-euclidiana do axioma das paralelas se estende cada vez mais e se liberta do guia das analogias (BACHELARD, 1978c, p. 102).

A construção de teoremas realizada por Lobatchewski e Bolyai na escolha não-euclidiana do postulado das paralelas alargou a extensão da geometria, e, além disso, “[...] durante vinte e cinco anos, Lobatchewski se ocupou mais em estender sua geometria que em fundamentá-la. Aliás, não era possível fundamentá-la a não ser estendendo-a” (BACHELARD, 1978c, p. 103).

No seu início, a geometria não-euclidiana gerava muitas dúvidas referentes à validade dos seus teoremas. Como apontamos, a geometria euclidiana era mais cômoda e se adaptava melhor a experiências realizadas pelos cientistas e também a compreensão dos elementos geométricos pelo senso comum. Alguns até questionavam a solidez do pensamento não-euclidiano, apresentando um argumento que consistia em provar a veracidade do postulado de Euclides por redução ao absurdo da seguinte forma:

Uma vez que não se chega a demonstrar diretamente a proposição de Euclides, tomemo-la como verdade a estabelecer por absurdo. Substituamos portanto esta proposição pela proposição contrária. Tiremos conclusões do quadro dos postulados assim modificado. Estas conclusões não podem deixar de ser contraditórias. Por conseguinte, já que o raciocínio é bom, é a proposição tomada como base que está errada. É preciso portanto restabelecer a proposição de Euclides, que assim é validada (BACHELARD, 1978c, p. 103).

Se construirmos uma série de teoremas sobre o contrário do postulado de Euclides, e esses teoremas não deixarem de ser contraditórios entre si, isso significa

³² Da mesma maneira que apresentamos no tópico acerca do desdobramento da noção de massa da física newtoniana para a relativista. A física de Einstein apresentou uma concepção complexa da massa, entretanto, poderíamos ainda utilizar a concepção simples desenvolvida por Newton, desde que tenhamos consciência de que a massa não é simples, e sim, simplificada.

que o postulado em sua forma normal deveria ser correto pelo fato de não gerar contradição. Acreditava-se que pelo fato da geometria não-euclidiana partir da escolha não-euclidiana sobre o postulado das paralelas, e esse postulado ser considerado verdadeiro por absurdo, não deveria tardar o momento de surgir uma contradição dentro das novas geometrias. Entretanto:

não só se percebe que a contradição não sobrevém, mas também não se tarda a estar diante duma dedução aberta. Enquanto um problema tratado por absurdo se dirige assaz rapidamente a uma conclusão em que a absurdidade se manifesta, a obra dedutiva resultante da dialética lobatchewskiana se constitui cada vez mais solidamente no espírito do leitor (BACHELARD, 1978c, 103).

As geometrias não-euclidianas não apresentam a contradição esperada, e continuam se estendendo solidamente cada vez mais. A dialética do pensamento geométrico se refere justamente à extensão do não-euclidiano a partir do postulado das paralelas de Euclides. Do euclidiano parte-se em direção ao não-euclidiano.

O papel da dialética no pensamento científico contemporâneo pode ser mais bem compreendido quando entramos nos problemas das generalizações das noções matemáticas realizadas pelo pensamento não-euclidiano. Bachelard menciona uma carta de Houël que fora destinada a De Tilly em 1870, na qual o remetente havia informado o destinatário sobre o fato dos euclidianos pensarem que os não-euclidianos estavam negando a sua geometria, sendo que na realidade, os não-euclidianos não estavam fazendo mais do que generalizar a geometria de Euclides, desse modo, Lobatchewski e Euclides poderiam estar em concordância.

Assim, as geometrias não-euclidianas poderiam ser consideradas como complementos da geometria de Euclides. Poderíamos dizer que o objetivo das geometrias não-euclidianas seria estender o pensamento geométrico, e não, negar a geometria de Euclides como pensavam os euclidianos.

Um exemplo de generalização realizada pelos não-euclidianos foi justamente a generalização da noção de paralela de geometria de Euclides. As paralelas da geometria euclidiana perdem o seu “ser absoluto” quando inscritas sobre figuras esféricas. Desse modo, o pensamento não-euclidiano nos apresenta a noção de “geodésicos”, que tem a funções de serem inscritos nos planos esféricos e também nada mais seriam do que as retas que fariam o papel das paralelas, porém, podendo ser aplicadas tanto a planos retos quanto a planos esféricos.

Na geometria, os geodésicos englobaram a noção de paralela, sendo que esta poderia ser utilizada normalmente se os geodésicos fossem simplificados. Portanto, os geodésicos são noções matemáticas complexas devido a sua extensão e a sua capacidade de constituir relações.

Poderíamos nos questionar sobre o papel do realismo na noção de retas das geometrias, pois:

não seria preciso aliás apressar-se a fazer passar o realismo matemático da linha para a superfície e imaginar que é só a pertinência dum linha a uma superfície que dá realidade à linha. O problema do realismo matemático é mais oculto, mais indireto, mais longínquo, mais abstrato. Dir-se-ia mais exatamente que a realidade dum linha se fortifica pela multiplicidade de suas pertinências a superfícies variadas, melhor ainda, que a essência dum noção matemática se mede pelas possibilidades de deformação que permitem estender a aplicação desta noção. De maneira geral, o que se reconhece verdadeiramente o mesmo nas aplicações mais diversas, eis o que pode servir de fundamento para a definição da realidade material (BACHELARD, 1978c, p. 102).

Seria muita ingenuidade afirmar apressadamente a realidade de uma paralela com base apenas na aplicação desta a uma superfície plana, assim, se a realidade de uma noção se fortifica com a sua capacidade de aplicação em diferentes tipos de superfícies, poderíamos afirmar então, que os geodésicos teriam mais realidade que as paralelas da geometria euclidiana. Desse modo, segundo Bachelard, poderíamos perceber que “[...] a medida do realismo matemático se prende antes à extensão das noções que à sua compreensão; a linha geodésica tem mais realidade que a linha reta” (BACHELARD, 1978c, p.102). O realismo matemático se enriqueceu com a extensão das suas noções, ou, poderíamos dizer também, com a complexificação das suas noções. A extensão matemática que complexifica as noções científicas, torna as noções mais reais, do que as noções consideradas simples por determinados tipos de ciência.

No caso da geometria, os geodésicos são noções complexas, pois se adaptam, se interligam com as paralelas de Euclides e podem ser aplicados a um número maior de superfícies. Os geodésicos são mais dinâmicos do que as retas paralelas da geometria euclidiana, pois estas são noções consideradas simples e encerradas dentro de um esquema muito geral de racionalismo, que por sua vez, teriam a pretensão de serem inscritas em qualquer tipo de superfície geométrica. Os geodésicos não são noções tão claras de serem conhecidas quanto às paralelas dos

euclidianos, e desse modo, o realismo matemático é mais solidário da extensão das noções do que da capacidade de compreensão sobre as noções.

A geometria não-euclidiana é uma extensão da geometria euclidiana e a síntese entre essas duas geometrias dá-se através da generalização dos conceitos da geometria não-euclidiana possibilitando assim, a unificação do pensamento geométrico. A síntese da geometria, segundo Bachelard, seria a característica própria do resultado de uma dialética exata e completa, no sentido de que a união das duas geometrias possibilitou um enriquecimento do conhecimento geométrico.

A síntese dos diferentes tipos de geometria só foi possível graças à desconcretização dos objetos inerentes ao domínio da geometria, e desse modo, caberia mais uma crítica à filosofia realista, que procurava urgentemente concretizar os postulados da geometria. O realismo matemático como apresentamos, deve-se primeiramente a extensão das noções e em seguida a aplicação dessas noções nos diversos tipos de áreas abarcadas por uma ciência específica. Entretanto, tudo isso foi referido em relação a apenas um tipo de pensamento científico, no nosso caso, utilizamos como exemplo os geodésicos da geometria não-euclidiana. Porém, ao tratarmos do realismo matemático das noções oriundas da síntese entre as geometrias, veremos que esse realismo seria expresso através de uma coerência entre diferentes geometrias. Esta coerência deveria ser procurada:

no que há de comum nas geometrias contrárias. É preciso estudar a correspondência estabelecida entre estas geometrias. É fazendo corresponder as geometrias que o pensamento matemático toma realidade (BACHELARD, 1978c, p. 104).

Dessa forma, poderíamos afirmar que os conceitos da geometria ganham mais realidade, devido, a capacidade de correspondência de um conceito de uma geometria com outras geometrias. Por isso os geodésicos possuem mais realidade que as noções de reta da geometria euclidiana. De maneira simplificada os geodésicos correspondem as retas dos euclidianos e aos próprios geodésicos dos não-euclidianos. E de que forma poderiam se fazer correspondências entre os conceitos de diferentes tipos de geometria?

Segundo Bachelard, a correspondência de conceitos só poderia ser feita através da forma algébrica das geometrias. Dessa forma, se encontrássemos uma contradição na forma algébrica da geometria não-euclidiana, encontraríamos uma

contradição também na forma algébrica da geometria de Euclides. Assim, se a correspondência dos conceitos das geometrias é dada através da forma algébrica:

uma contradição não seria de temer mais no sistema de Lobatchewski do que no sistema de Euclides, já que uma contradição geométrica de qualquer origem repercutiria na forma algébrica e daí em todas as outras geometrias em correspondência (BACHELARD, 1978c, p. 104.)

A chave do realismo matemático é a álgebra por causa da sua capacidade de permitir a realização de relações dentro de conceitos oriundos de sistemas diferentes. A álgebra:

acumula todas as relações e nada mais que as relações. É enquanto relações que as diversas geometrias são equivalentes. É enquanto relações que elas têm realidade, e não por referência a um objeto, a uma experiência, a uma imagem da intuição (BACHELARD, 1978c, p. 104).

A realização das relações dos conceitos de geometrias distintas é realizada primeiramente a uma organização de nível racional, somente após a organização das relações através da razão é que os conceitos podem ser concretizados para daí serem apreendidos pelos sentidos. Antes de se concretizar os objetos da geometria, primeiramente, deve-se fazer uma organização racional das relações entre os conceitos de diferentes geometrias. Por isso, antes fazer relações entre objetos a geometria faz relações de noções.

Conforme as relações das geometrias vão adquirindo coerência, a própria completude da geometria vai ganhando forma. As relações realizadas algebricamente pela geometria vão permitindo a completude desta e vão poder afirmar mais seguramente um realismo de cunho matemático. Porém:

se um acúmulo de relações manifesta uma coerência, esse pensamento de coerência vai pouco a pouco duplicar a necessidade de completude que determinará acréscimos. Há aí um processo sintético que tende a rematar o corpo das relações: é então que o pensamento geométrico dá a impressão duma totalidade e é somente então que a coerência do pensamento parece duplicar-se a partir duma coesão objetiva. Temos aí o ponto em que aparece o real matemático (BACHELARD, 1978c, p. 105).

Se o real matemático³³ é afirmado através da coerência entre a relação das noções de diferentes geometrias, o realismo matemático, portanto, não se refere aos objetos dos sentidos, e sim, aos objetos da razão. Podemos ressaltar que o realismo matemático não é formado por relações entre conceitos tomados um a um, mas somente quando as relações de um conceito forem muito numerosas.

Quando existem muitas relações que permitam correspondências de diversas noções, a própria matemática necessitaria colocar em prática essas relações conceituais. A realização prática dos conceitos matemáticos será comentada no tópico seguinte acerca da formação das físicas matemáticas sobre a axiomática da geometria não-euclidiana.

Comentamos sobre a síntese das geometrias em torno da ideia de relação e correspondência das noções dentro de distintas geometrias, gostaríamos de apresentar outro tipo de síntese, dentro dessa vez da ideia de grupo, das diferentes geometrias.

Cada geometria possui a sua ideia de grupo, e o grupo que representa a geometria euclidiana é o grupo dos deslocamentos. Assim:

Quando se toma o exemplo da geometria euclidiana, está-se diante de um grupo particularmente claro e simples — talvez seja tão claro que não se vê imediatamente a importância teórica e experimental. [...] É pelo grupo dos deslocamentos que se define a igualdade de duas figuras, igualdade que é, com toda evidência, a base da geometria métrica: duas figuras são definidas como iguais quando podem ser exatamente superpostas após o deslocamento de uma delas. Vê-se imediatamente que dois deslocamentos sucessivos podem ser substituídos por um só que é chamado o produto dos dois primeiros. Naturalmente, uma série qualquer de deslocamentos quaisquer pode ser substituída por um só deslocamento. Eis aí a simples razão que faz com que os deslocamentos formem um grupo (BACHELARD, 1978c, p. 107).

Bachelard interessou-se em investigar a ideia de grupo da geometria de Euclides pelo fato dela possuir em si mesma um caráter tanto racional quanto empírico. Se pensarmos no deslocamento das figuras dentro da ideia de grupo, veremos que ela pode ser facilmente comprovada na prática experimental do cientista. E também, através de um cálculo algébrico, pode-se deduzir uma fórmula racional dessas séries de deslocamentos. Entretanto, o grupo de deslocamentos da

³³ É a ideia de que a coerência e as relações apresentadas matematicamente tornam o real mais rico, complexo e completo.

geometria euclidiana é muito pobre se comparado a outros grupos provenientes de geometrias diferentes.

Na ideia dos deslocamentos não se questiona, por exemplo, se o deslocamento dessas figuras causaria uma alteração das mesmas. A experiência realizada não mostra nenhum sinal de alteração das figuras no deslocamento, portanto, conclui-se rapidamente que o deslocamento das figuras é apenas justaposição uma da outra. A ideia de deslocamento das figuras da geometria euclidiana é considerada como uma ideia clara, devido ao fato de ser logicamente compreendida e de ser demonstrada tanto por qualquer forma de empirismo quanto de racionalismo.

A síntese³⁴ das geometrias pelas ideias de grupo, assim como a ideia de relação entre as noções das geometrias, também se referem a certos tipos de relações entre essas ideias de grupo, pois, se um deslocamento se comporta de maneira diferente em outros tipos de geometrias, procura-se rapidamente fazer relações entre esses deslocamentos, para se achar algo que seja compatível com outros sistemas geométricos.

A ideia de grupo é fundamental para a física matemática, que se apoia nela para realizar a construção dos seus objetos. Assim, uma física que tem como base a ideia de deslocamentos da geometria euclidiana, só seria capaz de representar os objetos através da axiomática inscrita dentro do interior das ideias de grupo. Mas com o surgimento de outras geometrias, a física matemática começou a utilizar como base outras axiomáticas, e desse modo, conseguiu construir mais objetos do que aqueles apresentados pelas físicas baseadas na geometria euclidiana.

Segundo Bachelard: “A física matemática, incorporando em sua base a noção de grupo, marca a supremacia racional” (BACHELARD, 1978c, p. 107). Isso se deve ao fato, da física matemática construir seus objetos através primeiramente das axiomatizações racionais das geometrias. É interessante salientarmos que a ciência contemporânea constrói seu objeto tendo como base a axiomatização racional operada pelas geometrias. Assim, parte-se racionalmente da geometria, para a partir dela construir-se objetos no real através da instrumentalização do cientista, mas sempre guiada pela axiomatização geométrica.

³⁴ Conforme a nota 30 da pg. 38.

Gostaríamos de encerrar nossas considerações sobre a geometria com os seguintes apontamentos: Primeiramente, as geometrias não-euclidianas surgiram das críticas a uma ideia considerada simples e absoluta (caso das paralelas); depois, as geometrias não euclidianas procuram se expandir, e através dessa expansão, conseguiram generalizar a ideia de paralelas, e desse modo, englobaram o pensamento geométrico anterior; o pensamento geométrico anterior pode ser encontrado nas geometrias não-euclidianas através da simplificação, e do corte de algumas sutilezas dentro dessas geometrias; a síntese dos pensamentos geométricos é operada através de uma coerência entre as noções e as ideias de grupo dentro de geometrias diferentes.

Comentaremos no tópico seguinte sobre a crítica a ideia de “simultaneidade” realizada pela física não-newtoniana, assim como também, a evolução dessa ciência com base no desdobramento de um conceito que parecia ser aparentemente simples, e livre de qualquer consideração crítica acerca do seu conteúdo.

1.2.2 A física não-newtoniana e o problema da simultaneidade

De acordo com Bachelard, o surgimento da física não-newtoniana (física relativista) deveu-se a crítica de Einstein às ideias consideradas simples pela física newtoniana. A relatividade “nasceu duma reflexão sobre os conceitos iniciais, duma contestação das idéias evidentes, dum desdobramento funcional das idéias simples” (BACHELARD, 1978c, p. 112).

Se as geometrias não-euclidianas surgiram da crítica à ideia simples de paralelas, do modo análogo, a física de Einstein surgiu da crítica à ideia simples de “simultaneidade”.

Bachelard afirmou que a simultaneidade era uma ideia aparentemente tão clara e distinta para a física newtoniana que não podia se colocá-la em dúvida. Por exemplo, “[...] o que de mais imediato, o que de mais evidente, o que de mais simples do que a ideia de simultaneidade?” (BACHELARD, 1978c, p. 112). A teoria da relatividade modifica profundamente a ideia de “simultaneidade” sustentada pela física newtoniana.

Utilizaremos como forma de exemplo, uma situação imaginada por Einstein, com objetivo de explicar o sentido de “simultâneo” entendido pelas reflexões da física relativística.

Imaginemos a seguinte situação: sobre o leito de uma estrada existe um trilho de trem, e sobre este trilho de trem existem dois pontos A e B que são muito distantes um do outro, e imaginemos também, que um raio cai simultaneamente em cima dos pontos A e B, que se encontram como afirmamos muito distantes um do outro. Neste caso, a ideia de simultaneidade parece ser simples e clara, entretanto:

Em si, o significado da afirmação é claro e não necessita de outros esclarecimentos; mas eu teria que refletir um pouco se recebesse a tarefa de determinar, através de observações, se neste caso concreto os dois fenômenos foram simultâneos ou não (EINSTEIN, 2000, p. 24).

Para um físico, a afirmação da ideia de “simultaneidade” só poderia ser considerada verdadeira, quando esta ideia fosse passível de ser verificada por uma experimentação científica. Desse modo, não poderíamos afirmar que os raios que caem sobre os pontos A e B são simultâneos, antes de iniciarmos uma verificação.

Se o físico criar uma teoria que demonstre a ideia de “simultaneidade”, “[...] surge a tarefa de verificar se este resultado teórico corresponde ou não à realidade” (EINSTEIN, 2000, p. 25). Assim, só poderíamos afirmar a ideia de simultaneidade após realizarmos uma experiência que prove que essa ideia é verdadeira. Em relação à verificação da ideia de “simultâneo”, Einstein ainda afirma que:

A situação é análoga em todas as proposições físicas nas quais o conceito de “simultâneo” desempenha algum papel. Para o físico, o conceito só passa a existir quando há a possibilidade de verificar, no caso concreto, se o conceito se aplica ou não. Existe, pois a necessidade de uma definição de simultaneidade tal que ela nos forneça o método por meio do qual, no caso com que nos ocupamos, se possa verificar por meio de experimentos se os dois raios caíram simultaneamente ou não. Enquanto esta exigência não for cumprida, como físico (aliás, como não-físico também!) estou sendo vítima de uma ilusão se acredito poder ligar um sentido à afirmação da simultaneidade (EINSTEIN, 2000, p. 25)

Se Einstein estabelece que apenas poderíamos afirmar a simultaneidade de um acontecimento dentro de certo evento através de experimentos que comprovem essa simultaneidade, então, precisa-se descobrir qual tipo de experiência poderia confirmar a simultaneidade do caso dos raios que utilizamos no exemplo acima. Einstein supõe que para constatar a simultaneidade dos raios, poderíamos:

medir a reta AB ao longo da via férrea e colocar um observador no centro M dessa distância, provido de um dispositivo (por exemplo, dois espelhos com

inclinação de 90° um em relação ao outro) que lhe permita uma visão óptica simultânea dos dois lugares (EINSTEIN, 2000, p. 25).

Um observador posto ao centro M das distâncias A e B, onde os raios caem simultaneamente, poderia afirmar a veracidade da simultaneidade da queda dos raios, se ele pudesse ver pelo espelho os dois raios caírem nos pontos A e B ao mesmo tempo.

Mesmo utilizando este método de verificação, ainda assim não poderíamos comprovar a simultaneidade da queda dos raios nos pontos A e B. Teríamos que levar em conta também o tempo que levaria para captarmos sensivelmente a queda dos raios nos determinados pontos. Assim, o experimento que coloca o observador no centro M dos trilhos só responderia perfeitamente o problema da simultaneidade se “[...] eu já soubesse que a luz (que transmite ao observador em M a percepção dos raios) se move sobre a reta $A \rightarrow M$ com a mesma velocidade que sobre a reta $B \rightarrow M$ ” (EINSTEIN, 2000, p. 25). Nesse caso, só poderíamos afirmar se um evento é simultâneo ou não, se levássemos em consideração o tempo que o sinal luminoso emitido pela queda dos raios atingisse a nossa percepção.

Einstein afirmou que poderíamos também considerar a ideia de “simultâneo” no evento que utilizamos como exemplo se colocássemos nos pontos A e B “[...] relógios de igual construção e de tal modo acertados que as posições de seus ponteiros sejam simultaneamente [...] as mesmas.” (EINSTEIN, 2000, p. 26). O “tempo” de um evento pode ser considerado então como “[...] a indicação (posição dos ponteiros) daqueles relógios que estão na vizinhança (espacial) imediata do evento” (EINSTEIN, 2000, p. 26).

Se a queda dos raios atingir os pontos A e B no mesmo momento em que os ponteiros dos relógios colocados junto a esses pontos estiverem sincronizadamente apontando o mesmo tempo, então, poder-se-ia considerar simultânea a queda dos raios no ponto A e B.

No experimento proposto, pensava-se em colocar um observador no centro M dos pontos A e B, assim, nós tínhamos como ponto de referência o “leito da estrada” em que o observador está parado, apenas esperando para experimentar se os raios caem ao mesmo tempo. Com a experiência do observador e a dos relógios, poderíamos considerar a ideia de “simultaneidade” como explicada e, desse modo, não precisaríamos mais investigá-la.

Bachelard afirmou que “por uma súbita exigência o físico contemporâneo pedir-nos-á para associar à idéia pura de simultaneidade a experiência que deve provar a simultaneidade de dois acontecimentos” (BACHELARD, 1978c, p. 112). Tanto para Bachelard quanto para Einstein, a ideia de simultaneidade só poderia ser considerada como tal se uma experiência provar a realidade da simultaneidade.

Analisamos o exemplo de um evento em que poderíamos considerar a queda de raios em dois pontos distintos como simultâneos em relação a um ponto de referência em repouso, que no caso seria o “leito da estrada”. Einstein se questionava se o evento considerado simultâneo sob um ponto de referência em repouso seria simultâneo em relação a um ponto de referência que estaria em movimento.

Poderíamos imaginar então o mesmo evento que caracterizamos ao tentar demonstrar a ideia de simultaneidade da queda dos raios nos pontos A e B de um trilho de trem, e supor que um trem se encontra em movimento constante sobre os trilhos desta linha férrea, em direção ao ponto B, e que da mesma forma, dois raios caem sobre os pontos A e B da determinada linha férrea, e segundo Einstein:

Para as pessoas que viajam nesse trem há vantagem em tomar o trem como um corpo de referência rígido (sistema de coordenadas); todos os eventos são, por elas, referidos ao trem. Todo o evento que ocorre ao longo dos trilhos ocorre também em um determinado ponto do trem (EINSTEIN, 2000, p. 27).

Tomando o trem em movimento constante em direção ao ponto B como ponto de referência, só poderíamos afirmar que a ideia de “simultaneidade” faz sentido, após realizarmos a experiência que prova essa simultaneidade, assim como afirmaram Bachelard e Einstein.

Assim, “quando dizemos que os raios que caíram em A e B são simultâneos em relação ao leito da estrada, isto significa que os raios luminosos que partiram de A e B irão encontrar-se no ponto médio M do trajeto A-B do leito da estrada” (EINSTEIN, 2000, p. 28). O ponto M era o centro do trajeto A e B com referencial ao “leito da estrada”, mas ao usar o trem em movimento como referencial, Einstein altera o ponto M do leito para o ponto M' do trem em movimento, que seria o ponto médio entre os mesmos pontos A e B do referencial anterior.

Einstein então pediu para imaginarmos um observador dentro do trem em movimento, exatamente no ponto M' do trem, local que na experiência anterior os

pontos luminosos alcançariam a percepção do observador no “leito da estrada”. Se o observador não estivesse dentro do trem em movimento, ele estaria no ponto M, sendo que ele seria atingido pelos pontos luminosos da queda dos raios em A e B simultaneamente, porém, o observador:

se movimenta ao encontro do raio luminoso procedente de B, ao mesmo tempo que se afasta do raio luminoso procedente de A. Portanto, o observador verá o raio luminoso procedente de B antes de ver o raio que procede de A. Os observadores que se utilizam do trem como corpo de referência devem, por conseguinte, chegar à conclusão de que o raio que caiu em B ocorreu antes do raio que caiu em A (EINSTEIN, 2000, p. 28)

O observador que se encontra no ponto M' do trem, portanto, verá o ponto luminoso emitido pela queda do raio em B antes do ponto luminoso emitido pelo ponto A, assim, podemos concluir que, “[...] eventos que são simultâneos em relação ao leito da estrada não são simultâneos em relação ao trem, e vice-versa (relatividade da simultaneidade)” (EINSTEIN, 2000, p. 28).

Desse modo, uma ideia considerada simples e clara cedeu lugar a uma ideia que não é tão simples e nem clara de “simultaneidade”, sendo ainda que essa ideia só teria algum sentido após a realização de um experimento afirmando a realidade da simultaneidade de um caso dentro de um determinado evento.

Segundo Einstein: “Antes da Teoria da Relatividade, a física sempre admitia tacitamente que o significado das indicações de tempo era absoluto, isto é, que elas não dependiam do estado de movimento do corpo de referência” (EINSTEIN, 2000, p. 28). No tópico anterior (1.1.2) ao comentarmos sobre a questão da pluralidade filosófica que perpassa a noção de massa, mencionamos sobre as noções simples que a física newtoniana havia apresentado para explicar a noção de massa, desse modo, a massa era considerada separada do tempo, ambas eram distintas, assim, as duas noções eram consideradas como simples e absolutas.

Se um conceito é considerado simples e absoluto, a razão não encontra motivos para continuar a estudar esses conceitos. Dessa forma, a ideia de “simultaneidade” antes de ser objeto de análise pela física relativista, era considerada como uma noção simples e clara por ela mesma. Mas como vimos, a partir da relatividade, não existe mais sentido ao se afirmar que algo é simultâneo.

Assim, Bachelard afirma que o relativista nos provoca com as seguintes perguntas:

Como vos servis de vossa idéia simples? Como provais a simultaneidade? Como a conheceis? Como vos propondes fazer com que nós a conheçamos, nós que não pertencemos ao vosso sistema de referência? Numa palavra, como fazeis funcionar vosso conceito? Em que juízos experimentais o implicaes, pois não é a implicação dos conceitos no juízo o próprio sentido da experiência? (BACHELARD, 1978c, 112).

A crítica à ideia simples de “simultaneidade” pela física relativista realizou uma depuração da ideia de “simultaneidade”, sendo que essa ideia só poderia ser afirmada através da realização de uma experiência. A ideia simples de “simultaneidade” se mostra complexa no quesito de que incorporamos a experiência com a conceitualização. A simultaneidade é considerada simples somente através de um viés em que se considera um tempo absoluto, ou um tempo único para a medição do evento. No caso do tempo apresentado pela física relativista, dois pontos de referência distintos têm medições distintas de tempo ou, como afirma Einstein, “cada corpo de referência (sistema de coordenadas) possui seu tempo próprio. Uma especificação temporal só tem sentido quando se indica o corpo de referência ao qual esta indicação se refere” (EINSTEIN, 2000, p. 28).

Após a física einsteiniana demonstrar que a ideia de “simultaneidade” não seria tão simples quanto seu fenômeno aparentava, a ideia de “simultâneo” não poderá jamais ser considerada uma ideia simples e absoluta, do mesmo modo que, após a geometria não-euclidiana, nunca mais poderá se considerar a noção de paralela como uma noção simples.

A ideia de simultaneidade não foi a única ideia considerada simples que a física relativista desdobrou, a noção de massa apresentada nos tópicos anteriores (1.1.3), também foi “desdobrada” (ou “deformada”, como foi o termo que nós havíamos utilizado) pela física relativista. A noção de massa era considerada uma noção simples e absoluta para a física de Newton, entretanto, a física de Einstein revelou a complexidade dessa noção em suas relações espaciais e temporais.

Bachelard denominou a física de Einstein de “racionalismo completo”, pelo fato dela ter abarcado o racionalismo newtoniano e completar o seu pensamento. Se observarmos, a ideia de “simultaneidade” e de “massa” apresentadas pela física relativista é complexa se comparada às mesmas ideias apresentadas como simples pela física newtoniana. E acreditamos que cabe mais uma vez a analogia entre a física não-newtoniana e a geometria não-euclidiana: a ideia de paralelas

considerada simples pela geometria de Euclides é na verdade uma ideia simplificada pela redução de algumas sutilezas encontradas na ideia das linhas geodésicas. A ideia de “simultaneidade” e de “massa” da física newtoniana podem ser encontradas, se reduzirmos algumas equações e sutilezas no interior das mesmas ideias apresentadas pela física relativista. Assim, segundo Bachelard “[...] pode-se por redução, obter a ciência newtoniana” (BACHELARD, 1978c, p. 111).

Com a crítica as ideias simples da física newtoniana, a física relativista se estendeu e abarcou a física de Newton. “O pensamento newtoniano era à primeira vista um tipo maravilhosamente límpido do pensamento fechado; dele não se podia sair a não ser por arrombamento” (BACHELARD, 1978c, p. 111).

Bachelard afirmou ainda que não se chega a física de Einstein acumulando³⁵ conhecimentos, a física de Einstein só é possível quando começa a se colocar em dúvida os conceitos absolutos estabelecidos pela física newtoniana, assim:

se se lançar uma vista geral sobre as relações epistemológicas da ciência física contemporânea e da ciência newtoniana, vê-se que não há desenvolvimento das antigas doutrinas para as novas mas muito antes envolvimento dos antigos pensamentos pelos novos. [...] Do pensamento não-newtoniano ao pensamento newtoniano, também não há contradição, há somente contração (BACHELARD, 1978c, p. 119).

Não existe contradição entre a física de Newton e a física de Einstein, assim como não há contradição entre a geometria euclidiana e a não-euclidiana. Como afirmamos, o pensamento científico se anima com a função (desdobramento) e a extensão de seus conceitos.

Assim, apresentamos a partir do pensamento de Bachelard, o aspecto simplificador do pensamento científico moderno no interior da geometria e da física. Gostaríamos então de apresentar, utilizando as ideias de Bachelard, um último exemplo sobre o problema filosófico do reducionismo, porém, focando no pressuposto científico que sustentou as ideias deterministas.

Apresentaremos o problema do surgimento do indeterminismo pela teoria cinética dos gases e o problema da determinação do espaço e da velocidade de uma partícula pelo princípio da incerteza de Heisenberg, e apontaremos de que

³⁵ Bachelard afirmou que a ciência evolui através de rupturas epistemológicas, isto é, uma nova ciência nunca é fruto dos conhecimentos acumulados pela ciência superada, e sim, surge através da crítica da ciência anterior.

modo a doutrina determinista foi capaz de ser sustentada por um pensamento simplificador ou reducionista de tipo cartesiano.

1.2.3 O reducionismo e o ideal determinista sob a luz da Teoria cinética dos gases e do princípio da incerteza de Heisenberg

O reducionismo dos fenômenos a entidades simples foi responsável pela sustentação da ideia de que leis deterministas guiariam o destino dos fenômenos da natureza e das ações e decisões humanas. O ideal galilaico³⁶ de que a natureza era um livro escrito em caracteres matemáticos reforçou a ideia de que a chave para entender o universo seria dada através de fórmulas matemáticas. A física newtoniana tentava encontrar uma fórmula que pretendesse descrever todos os fenômenos do universo. Ou seja, reduziam-se todos os fenômenos do universo a uma explicação de natureza simples, e essa explicação para ser satisfeita deveria conter em si a fórmula que explicava a ordem de todo o universo.

O sucesso da física newtoniana deveu-se ao fato de Newton ter conseguido explicar matematicamente os fenômenos naturais³⁷. Dessa forma, a doutrina determinista ganhou bastante força quando Newton através de cálculos matemáticos conseguiu prever em que posição futura estaria determinado planeta se fosse conhecidas a sua posição e a sua velocidade atuais.

Para Bachelard “se quiséssemos retrair a história do Determinismo, seria preciso retomar toda a história da Astronomia.[...] É sobre o movimento regular dos astros que se rege o Destino” (BACHELARD, 1978c, p.140). O determinismo não foi apresentado ao cientista pelos fenômenos terrestres, pelo fato do cientista não conseguir encontrar imediatamente na realidade uma ordem de causalidade em que

³⁶Esse ideal pode ser encontrado no livro “O Ensaíador”, mas gostaríamos de citar um trecho aqui que corrobora com a afirmação da natureza vista sob um olhar matemático. Nas palavras de Galileu: “A filosofia encontra-se escrita neste grande livro que continuamente se abre perante nossos olhos (isto é, o universo), que não se pode compreender antes de entender a língua e conhecer os caracteres com os quais está escrito. Ele está escrito em língua matemática, os caracteres são triângulos, circunferências e outras figuras geométricas, sem cujos meios é impossível entender humanamente as palavras; sem eles nós vagamos perdidos dentro de um obscuro labirinto.” (GALILEU, 2004, p. 46).

³⁷Robert Locqueneux em sua “História da física” (1989) atesta que: “A matematização dos fenômenos naturais, baseada na observação e na medição, apareceu a muitos como um meio de evitar as confusões e incertezas que nascem da física das qualidades e o meio mais radical de não se perderem na relação livresca dos factos. Ela apareceu como um poderoso meio de simplificação, visto permitir dar conta, por uma mesma figura geométrica ou uma mesma relação matemática, de um grande número de fenômenos idênticos, por exemplo, a queda dos graves ou a coesão da matéria.” (LOCQUENEUX, 1989, p. 55).

um efeito poderia ser previsto por uma causa. Foi primeiramente a análise do movimento dos astros que preparou o homem psicologicamente para encontrar um determinismo nos fenômenos terrestres, assim, “o Determinismo desceu do Céu sobre a Terra” (BACHELARD, 1978c, p. 140).

A exatidão da informação sobre a posição dos planetas em qualquer local no futuro foi motivo para se acreditar que os fenômenos terrestres deveriam seguir a mesma lei. O determinismo dos objetos espaciais foi deduzido unicamente através dos aspectos de velocidade e posição desses objetos.

Como os fenômenos terrestres foram reduzidos a um aspecto mecanicista, em que pequenas partículas materiais simples se chocavam para produzir acontecimentos, acreditou-se que conhecendo a posição e a velocidade dessas partículas poderia se conhecer os eventos que aconteceram no passado como os que virão acontecer no futuro³⁸. O que faltava para que isso acontecesse, era apenas encontrar uma equação matemática que pudesse descrever corretamente o movimento das partículas.

Foi, portanto, a “[...] astronomia que fundamentou a Física matemática moderna. Os fenômenos astronômicos representam de alguma maneira a forma mais objetiva e mais estreitamente determinada dos fenômenos físicos” (BACHELARD, 1978c, p. 140). O determinismo através da análise da astronomia tornou-se a característica principal dos fenômenos físicos. Na realidade, todo físico que analisava a natureza, buscava primeiramente os elementos que comprovassem o determinismo dos fenômenos da natureza.

As ideias de um mundo determinado requeriam que as leis que descrevessem os fenômenos fossem matematicamente simples. O determinismo “[...] não poderia se impor a não ser por intermédio duma matemática verdadeiramente elementar” (BACHELARD, 1978c, p. 141). A matematização dos fenômenos da natureza deveu-se em grande parte a desconsideração dos pequenos erros e perturbações que os fenômenos da natureza apresentavam. Bachelard afirmou que a:

³⁸Segundo Michel Biezunski na obra “História da física moderna” (1998), afirma que o credo do determinismo científico foi exprimido por Pierre Simon Laplace na seguinte sentença: “Uma inteligência que, num dado instante, conhecesse todas as forças de que a natureza se encontra animada, e a situação dos seres que a compõem, se além disso fosse suficientemente vasta para analisar estes dados, englobaria na mesma fórmula os movimentos dos maiores corpos do universo e os do menor átomo: nada seria incerto para ela e o futuro, como o passado, estariam presentes diante dos olhos. O espírito humano demonstra, na perfeição, que soube dar à astronomia um leve esboço desta inteligência.”

origem astronômica do Determinismo nos parece explicar a grande negligência dos filósofos nos problemas relativos às perturbações, aos erros, às incertezas no estudo dos fenômenos físicos. É nessa franja de erros que se fundará extemporaneamente o Indeterminismo científico (BACHELARD, 1978c, p. 141).

O indeterminismo científico aparecerá somente mais tarde dentro do pensamento científico (com a elaboração da teoria cinética dos gases), mas enquanto o indeterminismo não era formulado, os fenômenos que apresentassem algum tipo de comportamento imprevisível eram vistos como fenômenos cujas leis deterministas ainda não haviam sido descobertas.

Qualquer tipo de estudo sobre os fenômenos deveriam ser capazes de mostrar os seus aspectos ordenados, sendo que o aspecto desordenado era considerado um mero erro de pesquisa ou de cálculo. Os erros levavam a imprecisões nas previsões dos fenômenos e, desse modo, parecia absurdo para os cientistas e filósofos que o mundo não fosse ordenado. Tanto os cientistas, quanto os filósofos, não conseguiam pensar em um mundo que não fosse determinado.

Se fossem levadas em consideração as perturbações que faziam parte dos fenômenos, a crença em uma simplicidade matemática que poderia ser capaz de descrever os fenômenos da natureza não poderia ser sustentada, assim:

É a matemática elementar que reforçou por uma espécie de traço de necessidade a ligação constante que parecia apresentar um empirismo mais ou menos simplificado. A observação mais ou menos exata se duplicava com uma previsão mais ou menos precisa para fundamentar de fato como de direito o Determinismo (BACHELARD, 1978c, p. 141).

A forma dos objetos espaciais era uma das perturbações negligenciadas pelos cientistas, pois, “durante muito tempo, desejou-se que os corpos celestes fossem geometricamente simples” (BACHELARD, 1978c, p. 141). Bachelard afirmou que “o problema da forma dos objetos seria talvez ainda mais instrutivo do que o problema de sua trajetória” (BACHELARD, 1978c, p. 141). Isso significa que se passasse a se perguntar o porquê dos objetos espaciais serem achatados ao invés de representarem uma forma geométrica perfeita, poderia ter ensinado muito mais aos cientistas do que ter apenas se considerado o aspecto das trajetórias dos objetos espaciais.

O problema das formas dos objetos foi descartado porque se tinha:

a convicção de que a forma não intervinha no movimento, que era um elemento sem importância para a previsão dos fatos astronômicos; apoiavam-se tacitamente numa hierarquia de caracteres; eliminavam-se os caracteres secundários. É essa hierarquia que dá uma importância de rigor ao Determinismo (BACHELARD, 1978c, p. 141).

Como a ciência tinha o hábito de separar as características dos objetos, no caso simplificar, acreditava-se que a forma não tinha nada a ver com o movimento dos astros. Segundo Bachelard “[...] a concepção matemática do Mundo é inicialmente inspirada pela intuição das formas simples” (BACHELARD, 1978c, p. 141). A própria simplicidade geométrica era motivo para sustentar a ideia da simplicidade das leis matemáticas, visto que seria mais fácil fazer cálculos sobre objetos definidos do que objetos irregulares. Essa intuição das formas simples é a responsável pela sustentação da ideia de determinismo, assim, o determinismo é “[...] uma consequência da simplicidade da geometrização primeira” (BACHELARD, 1978c, p. 141).

As simplificações dos fenômenos da natureza foram responsáveis pela ideia de determinação dos fenômenos, e também pela simplificação matemática e geométrica dos elementos da natureza. Para Bachelard, era o próprio método do cientista quem assegurava a veracidade do determinismo, pois este escolhe os fenômenos que não sofrem alterações e perturbações e assim, acreditava sempre que uma causa terminará em um efeito determinado.

Não há portanto um determinismo sem uma escolha, sem um afastamento dos fenômenos perturbantes ou insignificantes. Mui freqüentemente, aliás, um fenômeno é insignificante porque não se cuida de interrogá-lo. No fundo, o espírito científico não consiste tanto em observar o determinismo dos fenômenos quanto em determinar os fenômenos, em tomar as precauções para que o fenômeno definido previamente se produza sem excessivas deformações (BACHELARD, 1978c, p. 142).

O próprio método e pensamento científico da doutrina mecanicista³⁹ foram frutos das ideias deterministas sobre os fenômenos da natureza. Os fenômenos do mecanicismo eram todos reduzidos a categorias simples da mecânica clássica, e daí o “ideal do período mecanístico: para que tudo seja determinado no fenômeno é

³⁹ A doutrina mecanicista pode ser definida da seguinte forma: “a natureza opera através de empurrões e puxões de partículas materiais ou fluidos”. “(...) Todos os fenômenos naturais podem ser resumidos a impactos de corpos materiais ou fluidos sobre outros corpos” (WEINBERG, 1996, p.135).

preciso que tudo nele seja redutível às propriedades mecânicas” (BACHELARD, 1978c, p. 142).

O determinismo apoiado em um ideal mecanicista afirmava que um dado instante do universo determinaria completamente o próximo estado do universo. Por estado no universo a “[...] mecânica clássica do ponto material é conforme ao determinismo, sob condição de chamar estado dum ponto num instante dado o conjunto de sua posição e de sua velocidade” (BACHELARD, 1978c, p. 143). Entretanto, como já havíamos comentado sobre o racionalismo completo da física relativista, a concepção da noção de massa não poderia ser considerada simples pelo fato dela estar em conexão íntima com a noção de tempo. O mesmo vale nesse caso para um determinado instante no universo, que pelo ideal da mecânica clássica apenas é considerado pelo seu aspecto mecanicista, ou, pelas suas características de velocidade e tempo. A mecânica relativista não considera a velocidade e o tempo como noções distintas, na realidade:

a teoria da relatividade nos ensinou que o tempo é inseparável do espaço; falar do estado do Universo num instante dado não tem um sentido absoluto; na realidade é preciso falar do estado do Universo numa seção de três dimensões de espaço-tempo (BACHELARD, 1978c, p. 143).

O determinismo só se sustentou através da escolha de um determinado instante do universo, considerado unicamente em seu aspecto material, que colidia com outras partículas materiais, formando assim um instante futuro no universo que poderia ser previsto matematicamente. Para Bachelard, “muitas vezes se fez a observação de que a mecânica se apresentava historicamente como uma mecânica do sólido” (BACHELARD, 1978c, 143). Assim, essa imagem mecânica do universo, contribuiu para a simplificação dos objetos da natureza a fenômenos unicamente materiais. Desse modo:

Não se deve então espantar de ver o determinismo ilustrado pelas relações dos sólidos entre si. No ricochete de dois sólidos após um choque, ver-se-ão de novo, crê-se, as mesmas coisas em movimentos diferentes; tomar-se-á o direito de determinar todo o fenômeno pela análise dos movimentos antes e depois do choque, como se se tivesse aí a análise suficiente do fenômeno-causa e do fenômeno-efeito. Vê-se que o determinismo é solidário duma análise metafísica da fenomenologia separada em dois aspectos: a coisa e o movimento (BACHELARD, 1978c, p. 143).

O ideal mecanicista reduziu os objetos a partículas materiais simples e separou as noções científicas de modo que elas passaram a ser pensadas como noções simples e distintas, no caso, a posição e a velocidade da matéria. A própria noção de choque para Bachelard é uma noção complexa, ao afirmar que “com a noção de choque estamos diante de monstruosidade epistemológica. É tida como simples e ela é de complexidade inicial visto que sintetiza noções geométricas e noções materialistas” (BACHELARD, 1977c, p. 58).

A simplificação dos fenômenos da natureza, que reduzem esses fenômenos a elementos simples servem para apresentarmos, do ponto de vista bachelardiano que o pensamento determinista é feito:

de verdadeiras restrições experimentais. Considerem-se os ensinamentos da astronomia e da mecânica, revivam-se as instituições formadas ante o fenômeno imediato, e ver-se-á que o Determinismo parte de escolha e de abstração e pouco a pouco se torna uma verdadeira técnica. O determinismo científico se prova sobre fenômenos simplificados e solidificados. [...] O determinismo mecânico se prova sobre uma mecânica mutilada, abandonada à análise incorreta de espaço-tempo (BACHELARD, 1978c, p. 144).

O determinismo apoiado em um pensamento mecanicista teve como característica principal a mutilação dos fenômenos da natureza. O ideal mecanicista teve como base a filosofia de espírito cartesiano que busca estudar os objetos da natureza em suas partes simples, assim, o objeto é reduzido a pequenas partes, que não possuem relação uma com as outras.

O método cartesiano de redução dos fenômenos, no qual o ideal mecanicista se apoiou, só começou a ser contestado quando as ciências físicas começaram a apresentar fenômenos que não podiam mais ser explicados a partir somente da análise das suas partes. É o caso da teoria cinética dos gases que apresentou uma forma de indeterminismo, além de mostrar que o fenômeno dos gases não poderia ser compreendido sem o estudo referente as interações entre as moléculas que formam um todo.

Para Bachelard o pensamento indeterminista teve origem no próprio seio científico, sendo que “[...] partindo da consideração dos fenômenos desordenados, o cientista teve a surpresa de ver impor-se a si o mesmo determinismo de conjunto, fundado sobre permanências mais ou menos legítimas, mais ou menos exatas [...]” (BACHELARD, 1978c, p. 146).

A teoria cinética dos gases⁴⁰ foi a base do pensamento indeterminista segundo Bachelard, pois essa teoria foi a primeira a apresentar um fator de desordem contido dentro de um sistema físico. Os gases são formados por moléculas que agem de maneira desordenada dentro de um conjunto gasoso, e a desordem das moléculas dentro dos gases não pode ser prevista pelo pensamento mecanicista, cujo método de previsão dependia unicamente do conhecimento da posição e da velocidade de um objeto.

O indeterminismo da teoria dos gases surge pelo modo desordenado de movimentação das moléculas, entretanto, o sistema gasoso pensado na totalidade dessas moléculas desordenadas é um fenômeno ordenado. Segundo Bachelard “[...] as primeiras teses indeterministas a considerar são as que formam a base da teoria cinética dos gases” (BACHELARD, 1978c, p. 146). A análise macroscópica dos gases mostra que os gases tem características como pressão, volume e temperatura, porém, essas características macroscópicas são formados moléculas microscópicas que se movimentam de forma aleatória em todas as direções.

Bachelard afirma que:

o caráter metafísico mais profundo da teoria cinética dos gases está em que ela realiza uma transcendência da qualidade, no sentido de que uma qualidade não pertencendo aos componentes pertence todavia ao composto (BACHELARD, 1978c, p. 147).

Ao se analisar uma molécula de um gás não se conseguiu prever que tipo de gás que essa molécula comporia, pois a molécula não possui isoladamente a capacidade de informar a característica desse gás, devido a aleatoriedade do seu movimento. Só poderia se dizer que o gás teria uma determinada característica analisando o conjunto de moléculas que formam esse gás.

O indeterminismo do movimento de uma molécula lhe dá uma propriedade de independência, pelo fato da molécula de um gás não estar subordinada a nenhum outro objeto que o direcione a se movimentar numa direção determinada. Desse modo:

⁴⁰ Horacio Macedo apresenta 5 (cinco) hipóteses fundamentais da teoria cinética dos gases, das quais, citaremos apenas as 2 (duas) primeiras referentes a caracterização dos gases. “(1) Um gás ideal puro é constituído por um grande número de moléculas iguais, de massa m , que podem, em primeira aproximação, ser assimiladas a pequeninhas esferas elásticas”; “(2) Cada molécula, em cada instante, tem um vetor velocidade próprio, cuja direção e sentido no espaço são inteira e completamente ocasionais, sem haver nenhum eixo ou sentido preferencial para a sua orientação.” (MACEDO, 1978, p. 1).

empregar um método de determinação a propósito dum fenômeno é supor que esse fenômeno está sob a dependência de outros fenômenos que o determinam. De maneira paralela, se se supõe a indeterminação dum fenômeno, supõe-se igualmente sua independência. A enorme pluralidade que representam os fenômenos de choque entre as moléculas dum gás se revela portanto como uma espécie de fenômeno geral pulverizado onde os fenômenos elementares são estritamente independentes uns dos outros (BACHELARD, 1978c, p. 147).

Não sabendo qual a direção que as moléculas que compõem o gás tomarão, torna-se necessário criar uma fórmula matemática que possa expressar a probabilidade de uma molécula estar em algum lugar e, desse modo, é criado o cálculo das probabilidades. A independência das moléculas no interior de um composto dificulta a previsão da localização dessas moléculas. A teoria cinética dos gases apresentou a “[...] linha de conceitos que entronizou a probabilidade no pensamento científico” (BACHELARD, 1978c, p. 148).

A partir da descoberta da aleatoriedade do movimento das moléculas que compõem um gás, o pensamento determinista começa a se enfraquecer pelo fato de não conseguir prever o movimento de uma molécula de gás. As fórmulas matemáticas simples também não conseguem dar conta de explicar o movimento molecular no interior de um gás.

O determinismo mutilou a complexidade dos fenômenos, pois reduziu estes a simples fenômenos determinados por uma lei natural fundamental. Para o pensamento mecanicista, poder-se-ia conhecer o composto gasoso dividindo estes em partes, no caso, em moléculas, e analisando cada molécula, poderia se prever que tipo de fenômeno a composição das partes formaria. Mas no caso dos compostos gasosos, o nível macroscópico não pode ser previsto pelo nível microscópico, nesse caso, analisando uma molécula em sua característica simples, ou melhor, reduzindo o composto gasoso a uma molécula não se poderia conhecer claramente o composto gasoso como se imaginava.

O composto gasoso possui uma propriedade apenas quando é levada em consideração a junção de todas as suas moléculas, e não apenas de uma só, que não apresentaria nenhuma característica do todo. Desse modo, da soma das partes emerge⁴¹ uma característica que as moléculas não apresentam por si só, assim, o

⁴¹ A emergência é um termo importante para a complexidade, visto que ela apresenta a ideia de que uma característica só poderia surgir a partir da interação entre os elementos de um sistema, e que os elementos de maneira isolada não apresentam as características que emergem. Na definição de

determinismo não poderia dizer, analisando apenas a velocidade e a posição de uma molécula, o que poderia advir da sua junção com outras moléculas.

Outra crítica ao determinismo veio da física quântica, através do princípio da incerteza⁴² de Werner Heisenberg. Para Bachelard “o conflito entre o determinismo e o indeterminismo científico estava de alguma maneira adormecido quando a revolução de Heisenberg veio pôr tudo novamente em questão” (BACHELARD, 1978c, p. 151). Até Heisenberg as imprecisões sobre a determinação dos fenômenos eram consideradas como erros de medição, ou até mesmo uma falta de compreensão sobre o fenômeno estudado.

O experimentador “tinha fé numa experiência abstrata onde a medida só encontrava obstáculo na insuficiência dos meios de medição” (BACHELARD, 1978c, p.151), então o estudo das partículas de Heisenberg demonstra que ao se estudar um fenômeno microfísico, o aparelho de medição interfere na descrição do fenômeno observado, assim:

Para encontrar o lugar dum elétron, é preciso iluminá-lo mediante um fóton. O encontro do fóton e do elétron modifica o lugar do elétron; modifica além disso a frequência do fóton. Em microfísica, não há portanto método de observação sem ação dos procedimentos do método sobre o objeto observado. Há, pois, uma interferência essencial do método e do objeto (BACHELARD, 1978c, p. 151).

A frequência emitida pelo fóton para localizar o elétron poderia paralisá-lo e, segundo Bachelard, para a microfísica, um objeto parado não serviria para se estudar os fenômenos compostos por essa partícula, pois “aí, não se pode fazer a suposta análise do real e do devir. Não se pode descrever a não ser numa ação. Por exemplo, o que é um fóton imóvel?” (BACHELARD, 1978c, 121). O fóton realiza o complexo do espaço-tempo proposto pela física de Einstein, pois, nunca está realmente parado, e sempre sofre alterações no decorrer do tempo.

Quando comentamos sobre a ideia de simultaneidade, apresentamos que só se poderia dizer que algo é simultâneo depois de realizar uma experiência que

Edgar Morin, as emergências: “[...] são propriedades ou qualidades oriundas da organização de elementos ou componentes diversos associados num todo, que não podem ser deduzidas a partir das qualidades ou propriedades dos componentes isolados nem reduzidas a esses componentes” (MORIN, 2012, p. 301).

⁴² Segundo Heisenberg: “Na mecânica quântica [...] as relações de incerteza impõem um limite máximo definido na precisão com que posição e momento linear, ou tempo e energia, podem ser medidos simultaneamente. Como uma separação infinitesimalmente estreita significa uma precisão infinita com respeito às posições no espaço-tempo, os momentos lineares ou as energias ficam completamente indeterminados [...]” (HEISENBERG, 1999, p. 225).

provasse a simultaneidade do evento. No caso da microfísica, só poderíamos afirmar a posição de um elétron ao realizar um experimento apontando de maneira exata o local em que ele se encontra. Nesse aspecto, Bachelard critica novamente a filosofia realista, pois ela postularia que o elétron já se encontraria em determinado lugar antes do experimentador fazer o experimento.

Com o cálculo das probabilidades desenvolvido nos estudos cinéticos dos gases, não se poderia afirmar exatamente em qual local uma molécula se encontraria, devido ao fato dessa molécula ter independência, e poder seguir tanto uma trajetória quanto outra. Assim a probabilidade nos apresenta uma chance da molécula estar em um local ou também de não estar. Obviamente, se a chance da molécula estar num determinado local for mais alta do que a chance dela não estar, isso não significa que o cientista vá encontrar essa molécula lá onde o cálculo apontou.

O princípio da incerteza de Heisenberg conteria em si a probabilidade de se encontrar uma partícula em um determinado local, o que dependeria também do aparelho utilizado para se achar essa molécula. Além da incerteza do comportamento da partícula, o cientista conta também com a incerteza do equipamento utilizado.

Para Bachelard “[...] uma das conseqüências filosóficas mais importantes do princípio de Heisenberg é sem dúvida a limitação das atribuições realísticas” (BACHELARD, 1978c, 153). As atribuições dos princípios realísticos mencionados por Bachelard são as noções de espaço e velocidade. A desigualdade⁴³ encontrada por Heisenberg traz outra prova da falha do ideal determinista, pois o determinismo acreditava poder prever os acontecimentos de um evento, apenas conhecendo a posição e a velocidade de um objeto, entretanto, a desigualdade apresentada por Heisenberg demonstra que no mundo microfísico, é impossível conhecer a posição e a velocidade de um objeto ao mesmo tempo. Assim, “pretender exceder os limites das relações de incerteza é empregar as palavras *posição* e *velocidade* fora do terreno em que foram definidas, onde são definíveis” (BACHELARD, 1978c, p. 153).

A teoria cinética dos gases e o princípio da incerteza de Heisenberg apresentaram exemplos das limitações do determinismo. O princípio de Heisenberg

⁴³ Desigualdade no sentido de que para o “princípio da incerteza” quanto mais conhecemos a posição de uma partícula, menos conhecemos sua velocidade, ou quanto mais conhecemos sua velocidade, menos conhecemos sua posição.

também poderia ser analisado pelo viés de que o sujeito interferiria na observação do objeto, sendo que o sujeito ao analisar uma partícula, interfere no “ser” dessa. Uma experimentação científica nunca é isenta da interferência da observação do sujeito⁴⁴.

Se o determinismo acreditava que podia descrever os eventos que iriam ocorrer no futuro apenas conhecendo características simples dos objetos, o princípio da incerteza mostrou que no mundo microfísico, velocidade e posição estão estreitamente conectadas. Só seria possível estudar uma partícula pensando no complexo tempo-espaço.

A simplificação dos fenômenos e das noções científicas serviu apenas para descrever um aspecto unilateral da realidade. O mecanicismo reduziu todos os fenômenos existentes a simples objetos materiais que podiam ser descritos pela mecânica clássica. No mundo da microfísica quando se estudam objetos menores que o átomo, as ideias simples são insuficientes para descrever qualquer tipo de fenômeno e “vale dizer que as idéias simples precisam ser complicadas para poder explicar os microfenômenos” (BACHELARD, 1978c, 125).

Apresentamos nesse tópico diversos exemplos referentes as ideias simples postuladas pela física e pela geometria, por exemplo: comentamos sobre a simplificação da ideia de paralela na geometria euclidiana; sobre a simplicidade da simultaneidade na consideração da física newtoniana; comentamos sobre o ideal determinista que reduzia os fenômenos e as noções a objetos simples que pudessem sustentar o ideal mecanicista.

Tanto as novas geometrias quanto as novas físicas estudam aquilo que foi considerado como “erro” ou “perturbação” pelo pensamento científico e filosófico da modernidade. O pensamento reducionista, portanto, não conseguiu descrever esses “erros”, essas “perturbações⁴⁵” que introduziriam uma espécie de desordem dentro de um sistema físico. A própria ideia de desordem, é considerada um absurdo pelos

⁴⁴ Um dos teorizadores da teoria da complexidade chamado Henri Atlan, afirmou em seu livro “Entre o cristal e a fumaça” que o experimentador que realiza um experimento, seria como que um sistema complexo analisando um sistema mais simples. No caso, o experimentador interagiria com o meio experimentado, e dessa forma, a própria observação do cientista representaria uma relação de complexidade, visto que une sistemas das mais variadas complexidades.

⁴⁵ O pensamento determinista animado por um pensamento simplificador não consegue considerar aquilo que é antagônico ao pensamento vigente como uma outra forma de se enxergar o fenômeno. Por isso a desordem é considerada um erro, pois não pode ser integrada dentro de um pensamento que postula a “ordem” universal como o correto. Nos capítulos seguintes apresentaremos que tanto Bachelard quanto Morin abarcam o antagônico dentro do pensamento complexo.

defensores do determinismo, por que eles se recusaram a reconhecer a complexidade que permeava os fenômenos estudados pela ciência contemporânea.

O problema do reducionismo era de que ele sacrificava as diversas relações que compõem um determinado fenômeno em detrimento de um aspecto único e privilegiado, considerado como superior, desse modo, cabe aqui a citação de Bachelard afirmando que “simplificar é sacrificar” (BACHELARD, 2004, p. 97).

A filosofia da ciência deveria ser capaz de apresentar uma postura de compreensão diante do anti-reducionismo defendido pela ciência contemporânea. A epistemologia só conseguiria acompanhar o novo pensamento científico se tivesse como base a compreensão da complexidade dos fenômenos apresentados pelas ciências.

Desse modo, Bachelard aponta para a necessidade de um pensamento reflexivo sobre as relações entre razão e experiência nas descobertas científicas, sendo que esse pensamento não procurasse visar somente apreender os fenômenos através de um ponto de vista filosófico/teórico único.

O pensamento que poderia ser útil para entender os fenômenos sem privilegiar apenas um único ponto de vista, e que estaria aberto para compreender toda a relação que permeia um fenômeno, foi denominada por Bachelard de epistemologia não-cartesiana⁴⁶. Comentaremos sobre as características desse pensamento no terceiro capítulo do nosso trabalho.

Utilizaremos agora o referencial teórico de Edgar Morin para fundamentar a nossa ideia de que o pensamento e a reflexão sobre os aspectos complexos apresentados pela ciência contemporânea somente progridem através das “deformações” de suas ideias de bases, assim como de suas noções iniciais. Através da análise da obra de Morin, procuraremos apresentar as suas convicções que o pensamento científico pautado em ideais reducionistas não é mais suficiente para explicar e compreender a complexidade do real apresentada pelas novas ciências.

⁴⁶ Lembramos mais uma vez que o “não” da epistemologia não-cartesiana, não significa negação do pensamento cartesiano, mas sim, uma junção entre as duas formas de pensamento, sendo que o pensamento proposto por Bachelard, trata dos problemas que o método reducionista não é capaz de resolver.

2 ORIGENS, INSPIRAÇÕES E O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO COMPLEXO DE EDGAR MORIN

As críticas de Edgar Morin ao pensamento de tipo reducionista são muito parecidas com as críticas de Bachelard. Ambos são autores que tratam da deformação de ideias simples, que pensam um pensamento sempre aberto, que tratam da importância do erro⁴⁷ para o conhecimento científico. Edgar Morin, inclusive, afirma que

houve um grande filósofo que falou na complexidade e, na minha opinião, muito profundamente: foi Gaston Bachelard em *O Novo Espírito Científico*. Mas este aspecto de Bachelard não foi, infelizmente, redescoberto e compreendido na filosofia das ciências (MORIN, 2002, p.13, grifo do autor).

Nossa intenção nesse capítulo é apresentar as concepções que levaram Edgar Morin a desenvolver uma “Teoria da Complexidade”, tendo sempre como objetivo a consideração do autor em relação à crítica das ideias simples e absolutas.

Apresentaremos o desenvolvimento da teoria da complexidade de Morin através da “Cibernética” de Norbert Wiener, da “Teoria da Informação” de Claude Shannon e de Warren Weaver e a “Teoria Geral dos Sistemas” desenvolvida por Ludwig Von Bertalanffy. Essas três áreas são utilizadas por Edgar Morin, em sua vasta obra, para fundamentar a necessidade de um pensamento que possa compreender toda a complexidade do real.

Procuraremos apresentar também a proposta interdisciplinar da complexidade, ao tentar religar as áreas do conhecimento que se tornaram especializadas. Tanto a simplificação das noções científicas, quanto a disjunção das áreas do saber foram segundo Morin, fruto de um pensamento reducionista originado pelas ideias cartesianas.

⁴⁷ Bachelard afirma que o conhecimento científico é sempre móvel, sendo que ele muitas vezes retorna ao conhecimento adquirido anteriormente para retificar um possível erro. Inclusive o autor afirma (BACHELARD, 2013, p. 14) que uma das diferenças entre a atividade científica e o senso comum é justamente a capacidade de retificação de erros da ciência. Nas palavras de Lopes (LOPES, 1996, p. 252) “Uma das contribuições fundamentais da epistemologia histórica de Bachelard é a primazia conferida ao erro, à retificação, ao invés da verdade, na construção do conhecimento científico. [...] Bachelard, [...] defende que precisamos errar em ciência, pois o conhecimento científico só se constrói pela retificação desses erros”. Morin também defende a ideia de que o erro é essencial para o desenvolvimento do pensamento, sendo que ele afirma (MORIN, 2011d, p. 19) que “todo conhecimento comporta o risco de erro e ilusão”. A grande dificuldade é em precisar o que seria o erro, visto que frequentemente não se reconhece o erro como tal. Para Morin “A educação deve mostrar que não há conhecimento que não esteja em algum grau, ameaçado pelo erro e pela ilusão” (MORIN, 2011d, p. 19).

2.1 ORIGENS DA TEORIA DA COMPLEXIDADE DE MORIN

De acordo com Edgar Morin a ideia de complexidade “[...] reapareceu marginalmente, a partir da cibernética e da teoria da informação” (MORIN, 2002, p. 13). Foi em *Science and Complexity*, um artigo escrito por Warren Weaver em 1948, que o problema sobre a complexidade foi colocada em evidência.

Nesse artigo Weaver trata do desenvolvimento do método científico do século XVII até o século XX. Segundo o autor, “[...] as ciências físicas antes de 1900 estavam em sua maioria interessadas em problemas de simplicidade relacionados a duas variáveis⁴⁸” (WEAVER, 1948, p. 2).

O método de análise conseguia descrever o comportamento de poucas partículas em interação, reduzindo ao máximo qualquer compreensão sobre os aspectos orgânicos de algumas ciências.

Segundo Weaver:

O corrente progresso na biologia e na medicina também foi impressionante, mas foi de maneira diferente. Os significantes problemas dos organismos vivos são aqueles que podemos manter raramente constantes com uma ou duas variáveis. Coisas vivas apresentam situações em que uma dúzia, ou mesmo muitas dúzias de quantidades estão todas variando simultaneamente, e em caminhos sutilmente interconectados. Frequentemente eles apresentam situações em que quantidades não-quantitativas são essencialmente importantes também, ou tem taxa reduzida na identificação ou na medição até o momento. Assim problemas biológicos e médicos frequentemente envolvem a consideração de um todo complexamente organizado. (WEAVER, 1948, p. 1)

Ciências como a biologia e a medicina não podiam mais ser explicadas através de um pensamento reducionista, pois elas tratam de problemas relacionados diretamente a complexidades organizadas de um todo. Claramente um pensamento reducionista consegue resolver problemas locais, de poucas variáveis, mas quando o problema se encontra na junção de diversas variáveis, o método analítico não consegue mais corresponder a demanda.

Após 1900, há uma mudança significativa na forma de se abordar os problemas científicos. A física muda drasticamente a forma de pensar sobre o

⁴⁸ A tradução das citações será feita por nós mesmos.

método empregado para compreender os fenômenos da realidade. Os físicos ao invés de se concentrarem em problemas com apenas uma, ou duas variáveis:

foram para o outro extremo, e disseram: Deixe-nos desenvolver métodos que podem lidar com dois bilhões de variáveis.” Dito isso, os físicos, com os matemáticos frequentemente na vanguarda, desenvolveram poderosas técnicas da teoria da probabilidade e da mecânica estatística para lidar com o que pode ser chamado de problemas de *complexidade desorganizada* (WEAVER, 1948, p. 2, grifo do autor).

Weaver nesse artigo introduz dois conceitos de complexidade: uma complexidade desorganizada e uma complexidade organizada⁴⁹. A complexidade desorganizada poderia ser definida como o estudo de sistemas que poderiam ser constituídos por milhares de elementos que se comportam de maneira aleatória, escapando a capacidade total de exame por parte de um experimentador. Isso significa que um experimentador não poderá jamais esgotar a capacidade de análise sobre objetos que possuam muitas variáveis em conexão. Geralmente o comportamento dos sistemas desorganizados são medidos por fórmulas estatísticas e probabilísticas. Essa complexidade foi desenvolvida a partir dos estudos da teoria cinética dos gases no século XIX.

A complexidade organizada refere-se a sistemas que não podem ser medidos de maneira estatística nem probabilística, mas que são constituídos por um número muito grande de variáveis em interação e comunicação. Segundo Morin: “[...] o século XX deveria presenciar o desenvolvimento das ciências da complexidade organizada” (MORIN, 2002, p. 13). Para Weaver, a complexidade organizada seria o estudo das interações não-aleatórias dos elementos que formam um sistema. Weaver (WEAVER, 1948, p. 5) afirma que:

problemas nas ciências biológicas, médicas, psicológicas, econômicas e políticas são muito complicadas para lidar com as técnicas do século XIX que eram dramaticamente bem sucedidas sobre problemas de simplicidade

⁴⁹ A complexidade desorganizada representa todo sistema que realiza diversas interações entre seus componentes, mas que podem ser previstos por uma fórmula estatística, por exemplo, um aparelho G.P.S. ou as moléculas de um gás. A complexidade organizada não dispõe das ferramentas de análise reducionista e nem mesmo a das estatísticas, visto que “a complexidade organizada caracteriza sistemas que envolvem muitos componentes, mas somente um limitado número de componentes são significativos ao objetivo do sistema. Para estes sistemas os métodos reducionistas e estatísticos são inadequados à sua análise, no primeiro caso (complexidade desorganizada) por possuírem mais componentes do que os métodos reducionistas podem analisar, no segundo caso (complexidade organizada) por possuírem poucos componentes para alimentar os métodos estatísticos e, ainda, comportamento não aleatório impossibilitando o uso de métodos estatísticos tradicionais” (LEITE; BORNIA; COELHO, 2004, p. 3494)

acerca de duas, três, ou quatro variáveis. Estes novos problemas, além disso, não podiam ser manuseados com as técnicas estatísticas que eram muito efetivas em descrever o comportamento em problemas de complexidade desorganizada. Estes novos problemas, e o futuro do mundo dependem de muitos deles, pediam a ciência que fizessem um terceiro grande avanço, um avanço que poderia ser muito maior do que o da conquista dos problemas de simplicidade do século XIX ou da vitória sobre os problemas de complexidade desorganizada do século XX. A ciência precisa, nos próximos 50 anos, aprender a lidar com os problemas de complexidade organizada.

As evidências que levaram Weaver a acreditar que os próximos anos seriam de desenvolvimento para as ciências que estudam a complexidade são duas dentro do desenvolvimento de táticas utilizadas pelos militares para a elaboração de estratégias de guerras. A primeira evidência é o desenvolvimento de instrumentos eletrônicos de computação. Esses instrumentos “[...] são, em flexibilidade e capacidade, mais parecidos com o cérebro humano do que os instrumentos de computação da mecânica tradicional do século passado. Eles têm memórias em que a vasta quantidade de informação pode ser armazenada.” (WEAVER, 1948, p. 6).

O desenvolvimento computacional permite que uma grande quantidade de informação seja armazenada dentro de um aparelho, sem falar que um único computador pode fazer cálculos muito mais rápido que qualquer cérebro humano. Os aparelhos computacionais, segundo Weaver, ocasionarão um impacto profundo na ciência, pois eles permitirão que os cientistas lidem com problemas que eram considerados muito complicados, e “[...] eles irão justificar e inspirar o desenvolvimento de novos métodos⁵⁰ de análise aplicáveis para esses novos problemas de complexidade organizada” (WEAVER, 1948, p. 7).

A segunda evidência diz respeito a uma junção de especialistas, que se reúnem para discutir as melhores táticas militares. Observemos a seguinte ilustração:

considere todos os problemas de convocação de tropas e de suprimentos através do Atlântico. Leve em consideração o número e a efetividade dos canais navais disponíveis, o caráter dos ataques submarinos, e a multidão de outros fatores, incluindo também como imponderável tanto como a

⁵⁰ De acordo com Melanie Mitchell (MITCHELL, 2009, p. 56): [...] se você examinar algumas das bibliografias ou seminários sobre sistemas complexos, você irá encontrar a palavra *computação* usada em contextos não-familiares: um livro de biologia sobre ‘computação de células e tecidos’; uma palestra sobre ‘computação dos sistemas de imunidade’; uma leitura econômica sobre ‘a natureza e os limites de distribuição computacional em mercados’; um artigo em uma revista prestigiada sobre ‘computação emergente em plantas’”. O termo *computação* tornou-se bastante usado pelo investigadores da complexidade.

confiabilidade da visão quando os homens estão cansados, doentes ou entediados. Considerando a totalidade dos fatores, algumas medidas e elucidações, qual procedimento iria guiar para o melhor plano, isso é, o melhor que combinaria o ponto de vista de velocidade, segurança, custo e assim por diante? Deveriam os comboios ser largos ou pequenos, rápidos ou lentos? Deveriam eles zigzaguear e se exporem a maior quantidade de tempo para um possível ataque, ou avançar rapidamente em linha reta? Como eles seriam organizados, que defesas são as melhores, e quais organizações e instrumentos deveriam ser usados para espiar e atacar? (WEAVER, 1948, p. 7)

Esses tipos de perguntas não poderiam ser respondidas por um profissional dedicado a apenas uma especialidade, pelo fato delas comportarem respostas que exigem uma demanda de diversas disciplinas. Essas são perguntas muito amplas que requerem a junção de especialistas de diversas áreas para poderem ser respondidas. Os ingleses foram os primeiros a inaugurar esse tipo de estratégia de análise de problemas. Eles chamaram esse grupo de cientistas de “Grupos de Análise de Operações”. Esse grupo era comumente formado por “[...] matemáticos, físicos, e engenheiros [...], os melhores grupos tinham também fisiologistas, bioquímicos, psicólogos, e uma variedade de representantes de outros campos da bioquímica e das ciências sociais” (WEAVER, 1948, p. 7).

Weaver procurou ressaltar que muito longe da típica visão moderna que especializou e dividiu as diversas disciplinas científicas, a formação de grupos de trabalho possibilita a formação de uma unidade de diversos cientistas que traria resultados muito maiores que a soma de todos os trabalhos separados. Para Weaver o avanço da tecnologia computacional aliada com o trabalho em equipe de cientistas de diversas disciplinas faria com que a ciência avançasse enormemente nos próximos 50 anos. O avanço da ciência estaria diretamente ligado com o surgimento de ciências que pudessem negociar com a complexidade crescente do real.

A ideia de que, de maneira geral, as futuras ciências terão que aprender a lidar com a complexidade do real, segue em direção contrária a visão de que o conhecimento “[...] científico [...] continua sendo concebido como tendo por missão dissipar a aparente complexidade dos fenômenos a fim de revelar a ordem simples a que eles obedecem” (MORIN, 2011a, p. 5).

O problema então seria o de encontrar um tipo de pensamento e reflexão científico que valorizasse a complexidade do real, que levasse em consideração as

diversas ligações entre os fenômenos, e que não mutilasse ou reduzisse as explicações dos fenômenos a uma ideia simples.

A própria palavra “complexidade” gera mal-entendidos, pois sua carga semântica “[...] traz em seu seio confusão, incerteza, desordem” (MORIN, 2011a, p. 5). Segundo Morin, existem duas ilusões em relação a definição do que seria a complexidade: A primeira delas se refere a acreditar que a complexidade procura eliminar a ideia de simplicidade. A complexidade surge “[...] onde o pensamento simplificador falha, mas ela integra em si tudo o que põe ordem, clareza, distinção, precisão no conhecimento” (MORIN, 2011a, p. 6). O pensamento simplificador elimina a complexidade do real, considerando esta como um erro ou como algo insignificante, enquanto o pensamento complexo engloba o pensamento simplificador, utilizando todos os seus acertos, como a compreensão sobre os fenômenos complexos da realidade.

A segunda ilusão é acreditar que complexidade significa completude. O pensamento complexo tenta dar conta das diversas articulações entre os fenômenos e inclusive entre os campos das diversas disciplinas que foram divididas pelo pensamento disjuntivo, que é uma das principais características do pensamento simplificador. O pensamento complexo “[...] sabe desde o começo que o conhecimento completo é impossível: um dos axiomas da complexidade é a impossibilidade, mesmo em teoria, de uma onisciência.” (MORIN, 2011a, p. 6).

Morin defende a ideia de que o pensamento complexo abriga em seu interior uma chave para a compreensão mais completa do real, entretanto, a complexidade não seria uma ideia simples (ou nas palavras de Morin (MORIN, 2011a, p. 8), uma “palavra-chave”) que conseguiria responder a todos os problemas da ciência e do homem.

Pensamos ser útil apresentar as influências sobre o pensamento de Morin, que o levaram a desenvolver uma “Teoria da Complexidade”, visto que tais influências foram repensadas a partir da teoria de Morin. Segundo ele:

a palavra complexidade mesmo não me vinha à mente. Foi preciso que ela chegasse a mim, no final dos anos 60, através da teoria da informação, da cibernética, da teoria dos sistemas, do conceito de auto-organização, para que emergisse sob minha pena, ou melhor, sobre meu teclado. Ela então se desvinculou do sentido comum (complicação, confusão) para trazer em si a ordem, a desordem e a organização, e no seio da organização o uno e os múltiplos; essas noções influenciaram umas às outras, de modo ao mesmo

tempo complementar e antagônico; colocaram-se em interação e em constelação (MORIN, 2011a, p. 7).

Veremos que as diversas áreas utilizadas por Morin para a elaboração de um pensamento complexo são reformuladas a partir da proposta do autor. Morin empresta dessas áreas diversos conceitos e noções a fim de fundamentar a teoria da complexidade. Além disso, algumas dessas áreas apresentam conceitos e formulações de natureza complexa, mas terminam por postular esses conceitos a partir de moldes reducionistas. Isto é, essas áreas criam conceitos complexos que se tornam simples por estarem fechados apenas em suas respectivas áreas. Dessa forma, Morin, com base no desdobramento de ideias simples, consegue repensar o desenvolvimento e a aplicação dos conceitos dessas ciências. Iniciaremos nossa análise a partir da teoria da informação formulada por Claude Shannon e Warren Weaver.

2.1.1 Contribuições da Teoria da informação para a teoria da complexidade de Morin

A teoria da informação foi desenvolvida por Claude Elwood Shannon por volta de 1948, com a publicação de seu artigo intitulado “Uma Teoria Matemática da Comunicação”. Nesse artigo Shannon se propõe a analisar o conceito de informação a partir da matemática aplicada.

Shannon trabalhou na AT&T Bells, uma empresa de telefones, e a partir de problemas práticos para as empresas de telefonia, que era de como transmitir mensagens com mais agilidade e segurança através dos fios dos telégrafos e dos telefones, ele desenvolveu a teoria da informação.

Na acepção de Norbert Wiener, criador da Cibernética (e um dos autores interessados na utilização matemática da informação) a informação é “[...] um termo que designa o conteúdo daquilo que permutamos com o mundo exterior ao ajustarmos a ele, e que faz com que nosso ajustamento seja nele percebido” (WIENER, 1970, p. 17). De maneira simplificada, na teoria da informação, o conteúdo que trocamos com o mundo é a informação que nós transmitimos a ele, ou melhor dizendo, a informação que transmitimos a um receptor. Desse modo, para que sejamos compreendidos de maneira mais clara possível, é necessário que nossa mensagem seja transmitida de maneira imediata e fiel a este receptor, sem sofrer distúrbios antes de chegar ao receptor. A esse respeito, Morin afirma que:

O âmbito originário desta teoria também é o de um sistema de comunicações em que um emissor transmite uma mensagem a um receptor através de um dado canal. Emissor e receptor têm por hipótese um repertório comum (código que contém as categorias utilizáveis); assim, a mensagem codificada é transmitida, do emissor ao receptor, através do canal, sob forma de signos ou sinais que se pode decompor em unidades de informação ditas bits (binarydigitals)” (MORIN, 2013, p. 366).

O bit poderia ser definido como uma unidade elementar que porta a informação. A informação pode ser medida pelo fato de transforma-la em bit, ou seja, um conceito matemático, que pode ser apreendido por uma teoria. Dentro de um canal de comunicações, obviamente, nem o emissor e o receptor, podem medir os bits de uma informação, e o papel de medição ficam a cargo de um observador que calcula a mensagem informada a partir do código binário.

A teoria da informação de Shannon tem relação com a termodinâmica e a mecânica estatística de Boltzmann, pois ela negocia com os conceitos de “entropia” e “probabilidade” provenientes dessas teorias. O estudo científico da informação “[...] começa realmente com a ciência da termodinâmica, que descreve a energia a suas interações com a matéria” (MITCHELL, 2009, p. 41).

No fim do século XIX, duas leis fundamentais da termodinâmica foram descobertas: a primeira lei afirma que a energia conservada pode ser transformada em outra forma de energia, mas nunca pode ser criada ou destruída. Podemos transformar energia em trabalho, quando por exemplo, usamos nossa força (energia guardada no corpo) para empurrar (energia cinética) um objeto pesado; a segunda lei afirma que a entropia de um sistema sempre aumenta, até atingir o valor máximo. A entropia pode ser entendida como a medida de energia que não pode ser convertida em trabalho, isto é, ao realizarmos uma ação, geramos calor, que por sua vez, não pode ser transformado em energia. A entropia nunca diminui por conta própria, exceto, quando um agente exterior age para que ela diminua. Segundo Morin:

O segundo princípio, esboçado por Carnot e formulado por Clausius (1850), introduz a ideia não de desperdício, que contradiria o primeiro princípio, mas de degradação de energia. Enquanto todas as formas de energia podem se transformar integralmente uma na outra, a energia que toma forma calorífica não pode se reconverter inteiramente, perdendo então uma parte de sua aptidão para efetuar um trabalho. Ora, toda transformação, todo o trabalho libera calor, contribuindo para esta degradação. Essa diminuição irreversível

da aptidão de se transformar e de efetuar um trabalho, própria do calor, foi denominada por Clausius de entropia (MORIN, 2013, p. 53).

Em 1871, o físico inglês James Clerk Maxwell criou um desafio que procurou colocar um limite a segunda lei da termodinâmica. Esse desafio ficou conhecido como o “Demônio de Maxwell”, que pode ser representado da seguinte forma:

uma caixa que é dividida pela metade por uma parede com uma porta com dobradiças [...] A porta é controlada por um “demônio”, um ser muito pequeno que mede a velocidade das moléculas do ar enquanto elas passam por ele. Ele abre a porta para deixar as moléculas mais rápidas passarem do lado direito para o lado esquerdo, e fecha a porta quando as moléculas lentas se aproximam dela da direita. Da mesma forma, ele abre a porta para as moléculas lentas que se movem da esquerda para a direita e fecha a porta quando moléculas rápidas se aproximam dela pela esquerda. Depois de algum tempo, a caixa estará bem organizada, com todas as moléculas rápidas no lado esquerdo e todas as moléculas lentas no lado direito. Assim, a entropia terá diminuído (MITCHELL, 2009, p. 44).

O demônio que ficaria controlando a entrada e saída de moléculas no interior de uma caixa não realiza trabalho nenhum para deixar a caixa organizada. Se a caixa está organizada, isso significa que o nível de entropia no interior da caixa diminuiu sem o auxílio de algum agente externo a caixa, e isso colocaria em “xeque” a lei da entropia. Esse desafio foi estudado por diversos cientistas que tentaram resolve-lo na tentativa de salvar a segunda lei da termodinâmica.

Somente em 1929 o físico húngaro Leo Szilard propôs uma resposta satisfatória ao problema de Maxwell. Segundo Mitchell (MITCHELL, 2009, p.45) “[...] Szilard propôs que a ‘inteligência’ do demônio, ou mais precisamente, o ato de obter informação através da medição, é o que constitui o trabalho perdido.” Szilard foi o primeiro cientista a fazer uma relação entre a entropia e a informação, e também, a apresentar que um determinado tipo de informação ao ser obtida requer gasto de energia.

Em um artigo intitulado “*On the Decrease of Entropy in a Thermodynamic System by the Intervention of Intelligent Beings*”, Szilard defende que o processo de obtenção de informação em que o demônio reconhece qual molécula é a lenta ou a rápida no interior da caixa, requer energia e dessa forma, produz entropia na mesma quantidade que a caixa perde entropia ao ser organizada pelo demônio. Assim toda a caixa, incluindo as moléculas e o demônio, obedecem a segunda lei da termodinâmica.

A noção de “entropia” foi criada pelo físico Rudolph Clausius por volta de 1865, e nessa época “[...] acreditava-se que o calor era um tipo de fluído que poderia se mover de um sistema a outro, e a temperatura era a propriedade de um sistema que era afetado pelo fluxo de calor” (MITCHELL, 2009, p. 46). Poucas décadas depois com o trabalho de Ludwig Boltzmann, intitulado de “mecânica estatística”, a ideia de “calor” altera-se, pois ela passa a ser vista da seguinte forma: “sistemas são feitos de moléculas, e o calor é o resultado do movimento ou da energia cinética dessas moléculas” (MITCHELL, 2009, p. 47).

A mecânica estatística propõe que elementos em larga escala, como exemplo, o calor, emergem de propriedades microscópicas, como as moléculas. É a junção e o movimento das partes (pequenas partículas) que formam o “todo” (calor). A mecânica clássica, baseada nas leis de Newton, tentava prever o movimento e a localização de todas as entidades microscópicas que formavam os objetos, entretanto, a mecânica estatística pauta-se especialmente nos aspectos macroscópicos dos fenômenos. A mecânica de Boltzmann, não se interessa em estudar o movimento e a velocidade de cada partícula separada, mas sim, da posição e da velocidade de um conjunto de moléculas. A mecânica estatística apenas oferece o comportamento probabilístico de todo o sistema de moléculas.

O comportamento e a posição das moléculas de um sistema determinam o aspecto fenomênico desse sistema. Moléculas possuem a propriedade de se organizar aleatoriamente dentro de um sistema, e “na terminologia da mecânica estatística, a coleção particular da posição exata das moléculas e as velocidades em um dado instante é chamado de microestado de um todo [...] naquele instante” (MITCHELL, 2009, p. 49).

O microestado de um determinado sistema é a configuração de um sistema em um determinado instante, e a mecânica estatística estuda as possibilidades dos microestados ocorrerem. De acordo com Morin, “o número de moléculas e as configurações que elas podem tomar no centro de um sistema são imensos e só podem depender de uma apreensão probabilística” (MORIN, 2013, p. 54). Uma certa configuração de moléculas que formam um objeto possibilita um determinado aspecto fenomênico a um objeto, que pode ser considerado o seu macroestado. Basicamente um macroestado:

Pode corresponder a diferentes microestados. [...] A temperatura é um macroestado – ela corresponde a muitos microestados diferentes possíveis de molécula sem diferentes velocidades que adquirem a mesma temperatura (MITCHELL, 2009, p. 50).

A “temperatura” é o macroestado resultante de uma configuração de um conjunto de moléculas que se dispersam e se chocam umas contra as outras de maneira aleatória. O movimento de moléculas gera calor, e a maior parte dos microestados possíveis de moléculas que possibilitassem choques e colisões geraria “calor”.

Boltzmann fez uma interpretação da segunda lei da termodinâmica com base nas definições de microestado e macroestado. Um sistema isolado que não mantém contato com o ambiente “[...] estará provavelmente em um macroestado mais provável do que em um menos provável. [...] Boltzmann definiu a entropia de um macroestado como a função do número de microestados que poderiam [...]” (MITCHELL, 2009, p. 50) fazer emergir um macroestado. Num conjunto de moléculas, a possibilidade maior é que elas ajam desordenadamente e a menor é que elas ajam ordenadamente, e dessa forma, “[...] as configurações desordenadas são as mais prováveis e as configurações desordenadas as menos prováveis. Assim, o aumento de entropia se transforma em passagem das configurações menos prováveis as mais prováveis” (MORIN, 2013, p. 54).

Se um sistema isolado não realiza trocas de energia com o ambiente, ele tende a ir para um grau máximo de entropia, visto que ele não possuirá capacidades energéticas para continuar realizando trabalho e conseqüentemente não conseguirá aproveitar a energia gasta ao procurar manter-se em equilíbrio. Esse sistema tende a ir para o macroestado com a maior possibilidade de entropia.

Ao estudar o comportamento probabilístico das moléculas, assim como a probabilidade de seus choques e colisões formarem uma determinada característica macro, a mecânica estatística possibilitou um aprofundamento acerca dos estudos relacionados a probabilidades.

Shannon, o criador da teoria da informação, “[...] adaptou as ideias de Boltzmann para o mais abstrato campo das comunicações” (MITCHELL, 2009, p. 52). Como mencionamos no início deste tópico, a preocupação de Shannon era a de tentar descobrir de que forma transmitir sinais mais rapidamente e de maneira mais barata nas linhas de telefone e telégrafo.

Em 1948, no seu artigo “Uma Teoria Matemática da Comunicação”, Shannon define a informação e prova um importante teorema que dá a possibilidade máxima de transmissão de um conteúdo (informação) por um canal (linhas telefônicas, etc.) mesmo se houverem erros⁵¹ na transmissão, causados por barulhos ou perturbações. A definição de informação de Shannon envolve “[...] uma fonte que envia mensagens para um receptor” (MITCHELL, 2009, p. 52).

Shannon não leva em consideração o significado da mensagem emitida de uma pessoa ao seu receptor, mas tão somente, a frequência com que o emissor envia possíveis diferentes mensagens ao receptor. A teoria da informação questiona sobre a quantidade de informações que podem ser transmitidas de um emissor a um receptor através de mensagens. Aqui cabe uma comparação entre as ideias de Shannon e Boltzmann:

Em analogia com as ideias de Boltzmann, Shannon definiu a informação de um macroestado (aqui, uma fonte) como a função do número de possíveis microestados (aqui, conjunto das possíveis mensagens) que poderiam ser enviados por uma fonte. [...] A definição de conteúdo de informação de Shannon foi aproximadamente idêntica a mais geral definição de entropia de Boltzmann. Em seu artigo de 1948, Shannon definiu o conteúdo de uma informação em termo de *entropia* da mensagem da fonte. (Esta noção de entropia é frequentemente chamada de *entropia de Shannon* para se distinguir da definição de entropia de Boltzmann) (MITCHELL, 2009, p. 54).

A entropia de Shannon tem a ver com a probabilidade de microestados contidos dentro de uma mensagem. Caso o número de microestados de informação emitido de uma fonte para um receptor seja muito grande, o receptor terá incerteza sobre a próxima mensagem que será emitida, e dessa forma, a probabilidade de se prever uma mensagem será muito pequena. A entropia na “teoria da informação” estuda então o grau de incertezas das mensagens emitidas por alguma fonte.

Um aspecto interessante da “teoria da informação” de Shannon é que seus “[...] resultados criaram condições de aplicação em muitos campos diferentes” (MITCHELL, 2009, 54). Esse aspecto da teoria de Shannon foi notado por Morin, sendo que ele analisa o conceito de informação a partir da cibernética e também com a possibilidade dessa teoria ligar disciplinas aparentemente isoladas. Segundo Morin “se, por um lado, a noção de informação podia se integrar na noção de

⁵¹ “Erros” também podem ser chamados de “ruídos” e podem ser definidos como “[...] toda perturbação aleatória que intervém na comunicação da informação e que, por isso, degrada a mensagem, que se torna errônea.” (MORIN, 2014, p. 295)

organização biológica, por outro ela podia ligar de modo espantoso a termodinâmica, isto é a física, à biologia” (MORIN, 2011a, p. 25).

Morin faz uma relação da “teoria da informação” com a biologia, utilizando os conceitos da teoria da informação para pensar o ser vivo. Dessa forma ele começa a pensar as ciências a partir do aspecto interdisciplinar⁵², isto é, a partir das relações entre as diversas disciplinas ou ciências. Pensar a interdisciplinaridade é importante para a “teoria da complexidade”, visto que ela permite um enfoque complexo em relação ao objeto de pesquisa. Um objeto passa a ser estudado por diversas áreas, possibilitando uma visão mais abrangente e completa desse objeto. Segundo Morin:

Desde que se estabeleceu que a autorreprodução da célula (ou do organismo) podia ser concebida a partir de uma duplicação de um material genética ou DNA, desde que se concebeu que o DNA constituía uma espécie de escada dupla cujas barras eram constituídas de quase signos químicos cujo conjunto podia constituir uma quase mensagem hereditária, então a reprodução pode ser concebida como a cópia de uma mensagem, isto é, uma emissão-recepção ingressando no quadro da teoria da comunicação: pode-se assimilar cada um dos elementos químicos a unidades discretas desprovidas de sentido (como os fonemas ou letras do alfabeto), combinando-se em unidades complexas dotadas de sentido (como as palavras) (MORIN, 2011a, p. 25).

A ideia de uma mensagem emitida de uma fonte à um receptor encontra então uma relação com o DNA, que possui todas as informações genéticas sobre o indivíduo. A “teoria da informação” então é uma disciplina que consegue ligar, a partir do conceito de “informação” disciplinas até então consideradas isoladas como a física e a biologia.

Morin ainda leva em consideração a ideia de “informação” com base nos estudos da cibernética realizados por Norbert Wiener, pois esse autor apresenta uma visão da informação num sentido organizacional. Morin afirma que “[...] a transmissão de informação ganhou um sentido organizacional com a cibernética: de fato, um ‘programa’ portador de informação não só comunica uma mensagem a um computador, ele lhe ordena certo número de operações” (MORIN, 2011a, p. 25). A informação possui as regras e operações necessárias para a ação de um

⁵² Na concepção de Japiassú (JAPIASSÚ, 1999, p. 130) “Sabemos que o trabalho interdisciplinar propriamente dito supõe uma interação das disciplinas, uma interpenetração ou interfecundação, indo desde a simples comunicação das idéias até a integração mútua dos conceitos (contatos interdisciplinares), da epistemologia e da metodologia, dos procedimentos, dos dados e da organização da pesquisa”.

determinado aparelho, como um computador, uma máquina, etc., de modo que este aparelho obedeça a uma série de ordens ditadas a partir da informação recebida.

Para que possamos entender melhor a ideia de informação no seu sentido organizacional é necessário que especifiquemos sua relação com a cibernética. Nosso objetivo é demonstrar como a “teoria da informação”, a “cibernética” e a “teoria geral dos sistemas” influenciaram Morin a pensar uma forma de desenvolver a “teoria da complexidade”.

Com a teoria da informação, demos um primeiro passo mostrando que a “informação” liga disciplinas isoladas como era o caso da física e da biologia. Ao unificarem-se disciplinas aparentemente tão distantes como a física e a biologia, podemos perceber que qualquer objeto analisado por elas deixa uma simplicidade aparente e passa a ser visto de maneira mais ampla, ou complexa. A informação é:

um conceito que estabelece o elo com a física, sendo ao mesmo tempo o conceito fundamental ignorado pela física. Ela é inseparável da organização e da complexidade biológicas. Ela opera a entrada na ciência do objeto espiritual que só podia encontrar lugar na metafísica. É uma noção realmente crucial, um nó górdio, mas como o nó górdio, emaranhado, impossível de ser desenredado. A informação é um conceito indispensável, mas ainda não é um conceito elucidado e elucidativo (MORIN, 2011a, p. 26).

A própria ideia de “informação” tem que ser pensada além da “teoria da informação”. Desse modo, analisaremos essa ideia a partir do ponto de vista cibernético, que por sua vez, foi outra área que apresentou uma contribuição significativa ao pensamento de Morin. Temos que levar em consideração, que retomaremos no seu devido tempo, algumas ideias apresentadas nesse tópico, como exemplo a questão da “interdisciplinaridade”. Toda a ideia de informação apresentada aqui é indispensável para o entendimento da forma de abordagem de Morin em relação ao pensamento complexo. Avançaremos agora na explicação da “cibernética”, apresentando alguns aspectos históricos e também, suas contribuições a ideia de “informação” e ao pensamento de Morin.

2.1.2 Contribuições da Cibernética para a teoria da complexidade de Morin

A Cibernética foi criada e desenvolvida por Norbert Wiener após o fim da Segunda Guerra Mundial como uma ramificação da teoria da informação. Segundo Wiener (WIENER, 1970, p. 15):

além da teoria da transmissão de mensagens da engenharia elétrica, há um campo mais vasto que inclui não apenas o estudo da linguagem mas também o estudo das mensagens como meios de dirigir a maquinaria e a sociedade, o desenvolvimento de máquinas computadoras e outros autômatos que tais, certas reflexões acerca da psicologia e do sistema nervoso, e uma nova teoria conjectural do método científico.

Wiener utiliza a ideia de informação como algo que pode controlar e dar ordens para uma máquina, a qual é projetada nos moldes de um ser-humano, com um sistema nervoso que poderia ser os circuitos que passam informação de um sistema para outro. Wiener (WIENER, 1970, p.15) afirma que “não havia palavra específica para designar este complexo de idéias, e, para abarcar todo o campo com um único termo, vi-me forçado a criar uma”. Wiener cria então o termo “Cibernética” que poderia ser traduzido como “timoneiro”.

William Ross Ashby foi outro idealizador da Cibernética. Segundo ele, “a Cibernética foi definida por Wiener como ‘a ciência do controle e da comunicação, no animal e na máquina’ – numa palavra, como a arte do *comando* [...]” (ASHBY, 1970, p. 1). A Cibernética é um ramo de estudos que envolve a junção de diversas disciplinas, sendo os seus interesses práticos e biológicos. Para Wiener (WIENER, 1970, p. 17) “o propósito da Cibernética é o de desenvolver uma linguagem e técnicas que nos capacitem, de fato, a haver-nos com o problema do controle e da comunicação em geral [...]”.

O pano de fundo do surgimento da Cibernética tem a ver com a problemática introduzida por Maxwell e Boltzmann em relação ao segundo princípio da termodinâmica (entropia). Apresentamos no tópico anterior, destinado a “teoria da informação”, um aspecto da entropia relacionado ao calor e ao trabalho, entretanto, iremos apresentar nesse momento outra definição de “entropia”, dessa vez relacionada ao universo em geral.

Uma caixa fechada que não realiza troca de energia com o ambiente tende a um grau de entropia máximo, visto que não tem da onde retirar energia para continuar realizando trabalho. Segundo Morin,

Clausius não hesitou em generalizar a importância do segundo princípio ao conjunto do universo que, concebido como um todo dispendo de energia infinita, poderia ser considerado como um megassistema fechado. Então, segundo a sua fórmula, “a entropia do universo tende a um máximo”, ou seja, a uma “morte térmica” inelutável [...](MORIN, 2013, p. 54).

Dessa forma, agora o que está em jogo é que todo o universo pode tender a um grau máximo de entropia, e é levando isso em consideração que Norbert Wiener desenvolve a Cibernética. Wiener afirma que:

Conforme aumenta a entropia, o universo, e todos os sistemas fechados do universo, tendem naturalmente a se deteriorar e a perder nitidez, a passar de um estado de mínima a outro de máxima probabilidade: de um estado de organização e diferenciação, em que existem formas e distinções, a um estado de caos e mesmice. No universo [...] a ordem é o menos provável e o caos o mais provável. Todavia, enquanto o universo como um todo, se de fato existe um universo íntegro, tende a deteriorar-se, existem enclaves locais cuja direção parece ser o oposto à do universo em geral e nos quais há uma tendência limitada e temporária ao incremento da organização. A vida encontra seu *habitat* em alguns desses enclaves. Foi com esses pontos de vista em seu âmago que a nova ciência da Cibernética principiou a desenvolver-se (WIENER, 1970, P. 14).

A Cibernética estuda as relações de comunicação em controle de maneira geral, isto é, partindo a comunicação do homem, da máquina e da natureza. A informação emitida a um determinado objeto, com o intuito de exercer um certo comando sobre ele, está sujeita a desorganização do ambiente, promovida pela entropia. Shannon ao desenvolver a ideia de “informação” lutava contra a capacidade de um “ruído” exterior à mensagem, alterar e danificar a mensagem emitida.

O mundo tende a um grau máximo de entropia, de acordo com o segundo princípio da termodinâmica, isto é, o mundo tende a um desordenamento máximo, e é justamente contra a desorganização, no âmbito da comunicação, que a Cibernética vai desenvolver as suas teorias. Em relação a “[...] comunicação e controle, estamos sempre em luta contra a tendência da Natureza de degradar o orgânico e destruir o significativo; a tendência [...] de a entropia aumentar” (WIENER, 1970, p. 17).

Nos moldes cibernéticos, a informação é concebida como uma forma de configuração e organização opondo-se a desorganização da realidade causada pela entropia. De acordo com Wiener (WIENER, 1970, p. 21) “assim como a entropia é uma medida de desorganização, a informação conduzida por um grupo de

mensagens é uma medida de organização” e, poderíamos ainda afirmar que a informação emitida é o contrário da entropia.

A ideia de informação dentro da Cibernética é estudada no âmbito da capacidade de um aparelho, ou até mesmo um ser vivo, obedecer a certos comandos emitidos por uma determinada fonte, podendo ser essa fonte uma outra pessoa, ou até mesmo o meio ambiente que também é transmissor de mensagens.

Na época de Wiener, já se convivia com uma certa aparelhagem técnica que obedecia a certos comandos emitidos pelo exterior, por exemplo, uma porta elétrica que se abre automaticamente quando seus sensores detectam uma pessoa. Uma porta elétrica é um exemplo simples da relação entre aparelho e informação emitida do ambiente, entretanto, poderíamos pensar também em um aparelho mais sofisticado que conseguiria exercer ações mais complexas a partir de um conjunto mais rico de informações. Segundo Wiener:

Uma ação complexa é aquela e que os dados introduzidos, (a que chamamos *entrada*) para obter um efeito sobre o mundo exterior – efeito que chamamos de *saída* – podem implicar um grande número de combinações. Combinações dos dados introduzidos no momento com os registros obtidos de dados anteriores armazenados, a que chamamos memória, e que estão registrados na máquina (WIENER, 1970, p. 23, grifos do autor)

Um aparelho mais complexo não apenas recebe informações do ambiente, mas possui um programa interno gravado dentro da sua memória que possibilita saber que tipo de ação ele deverá manifestar na realidade, ou em outras palavras, como esse aparelho se comportará no mundo. Um exemplo disso poderia ser o elevador, pois se uma pessoa dentro de um prédio abrisse a porta do elevador e este não se encontrasse lá, a pessoa cairia, isto é, não depende apenas da abertura da porta do elevador para que ele chegue ao andar, mas trata-se de uma conjunção entre a pessoa que emite uma informação para que o elevador saia da sua posição atual, e encontre-se disponível no andar da pessoa que emitiu o chamado.

Também poderíamos pensar em casos ainda mais complexos, como os computadores que conseguem realizar diversas funções com base nas informações emitidas por um usuário. Um computador realiza as mais variadas funções dependendo dos comandos que forem dados a ele. O usuário pode ainda usar as informações dadas pelo computador, como informação de entrada para criar novos programas ao computador, isto é, o sujeito retira informação do computador, e

fornece ao computador os resultados de seus próprios cálculos para fazer com que ele execute novos programas através dos mais variados comandos.

No caso do elevador e do computador, podemos pensar que eles são aparelhos que se encontram em um determinado estado, e quando recebem um comando, passam imediatamente a outro estado, com base na informação que é dada a eles e com base na memorização da posição em que eles se encontram. Segundo Wiener (WIENER, 1970, p. 24):

Tal controle da máquina com base no seu desempenho efetivo em vez de no seu desempenho esperado é conhecido como realimentação (feedback) e envolve membros sensórios que são acionados por membros motores e desempenham a função de detectores ou monitores – isto é, de elementos que indica um desempenho.

A definição de feedback criada por Wiener consiste na “[...] capacidade de poder ajustar a conduta futura em função do desempenho pretérito”. (WIENER, 1970, p. 33), ou “a realimentação é um método de controle de um sistema pela reintrodução, nele, dos resultados de seu desempenho pretérito.” (WIENER, 1970, p. 61). Ashby (ASHBY, 1970, p. 63, grifo do autor) emprega outra definição de realimentação que é: “quando existe [...] circularidade de ação entre as partes de um sistema dinâmico, pode-se afirmar que há **realimentação** (feedback)”. Um sistema dinâmico é aquele que se encontra em movimento, ou que está em estado de mudança. Um elevador não se encontra sempre no mesmo andar, e precisa se locomover de diversos lugares diferentes para conseguir cumprir sua função. Wiener oferece um exemplo mais complexo de realimentação:

um apontador de artilharia obtém a informação de seu instrumento de observação e a transmite ao canhão, de modo que este aponte numa direção tal que o projétil atravesse o alvo móvel a certo momento. Ora, o canhão tem de ser usado em todas as condições atmosféricas. Em alguma delas, a graxa estará quente e ele voltará fácil e rapidamente. Em outras condições, a graxa estará congelada ou misturada com argila e ele responderá morosamente as ordens que lhe forem dadas. Se tais ordens forem reforçadas por um impulso adicional, quando o canhão deixe de responder prontamente as ordens e se retarde, então o erro do apontador será reduzido. Para obter um desempenho tão uniforme quanto possível, costuma-se instalar um controle de realimentação, que registra o retardamento do canhão em relação a posição em que deveria estar, de acordo com as ordens dadas, e que usa tal diferença para dar-lhe um impulso adicional (WIENER, 1970, p. 25)

Poderíamos citar diversos exemplos do papel da realimentação para a Cibernética, entretanto, o que nos interessa é apresentar a ideia de que a informação é reutilizada para oferecer novos dados ao aparelho, ou até mesmo ao homem. O aparelho age no ambiente a partir de um comando, e o ambiente retroage sobre o aparelho, fazendo com que ele aja de outra forma, se adaptando ao ambiente.

O papel do feedback para a Cibernética é reorganizar a informação dentro de um universo que tende a entropia máxima ou a desorganização total. De acordo com Wiener (WIENER, 1970, p. 26) “[...] o funcionamento físico do indivíduo vivo e de algumas máquinas de comunicação mais recentes são exatamente paralelos ao esforço análogo de dominar a entropia através da realimentação”.

O feedback é de extrema importância para a teoria da complexidade de Edgar Morin, pois ela permite que analisemos as relações entre um comando e uma ação de maneira diferente a simples relação de causa e efeito. Além disso, o feedback, assim como o conceito de informação pode ser utilizado para conectar uma série de disciplinas que aparentemente seriam isoladas. Wiener “[...] levou os conceitos cibernéticos de retroação e informação muito além dos campos da tecnologia e generalizou-os nos domínios biológico e social” (BERTALANFFY, 2013, p. 36).

A informação organiza através de comandos os homens e as máquinas e desse modo, é relativamente contrária a desorganização do universo causada pela entropia. As máquinas “[...] também contribuem para a criação de informação local e temporária, não obstante sua organização seja grosseira e imperfeita comparada a nossa” (WIENER, 1970, p. 31).

A organização criada pela informação é uma tentativa local de resistir e ir contra a desorganização provinda do universo. Segundo Wiener (WIENER, 1970, p.36), “há ilhas locais e temporárias de entropia decrescente num mundo em que a entropia tende a aumentar globalmente [...]”. O erro na informação dada pela transmissão da mensagem ou pelo “ruído” tem a ver com a desorganização do exterior que pode ser causa por uma intromissão ou até mesmo pela entropia. Tanto a “teoria da informação” quanto a “cibernética” buscam estudar modos e estratégias que tentem evitar e minimizar o ruído que impeça a chegada de uma informação a um receptor.

De acordo com Morin, ao criar-se ilhas de entropia decrescente, onde a organização começa a se manifestar, ela ajuda no aumento da desorganização ao redor de onde a organização está crescendo. De maneira geral:

toda regressão de entropia (todo desenvolvimento organizacional), ou toda manutenção (através de trabalho e transformações) de entropia estacionária (ou seja, toda a atividade organizacional) é paga no e pelo crescimento de entropia no meio ambiente que engloba o sistema. Isso significa, em termos limitados, que toda regressão local de entropia (ou neguentropia) aumenta a entropia no universo (MORIN, 2013, p. 95).

Compreender a ideia de “organização” trazida pela Cibernética é de extrema importância para a elaboração da Teoria da Complexidade de Morin, pelo fato do autor se apoiar no pressuposto de que um método científico e de pensamento deve levar em consideração a junção dos conceitos de ordem, desordem e organização. Esses três elementos são fundamentais para compreensão do método pautado na complexidade. Morin também trabalha com a ideia de entropia, justamente no mesmo sentido entendido por Wiener, como uma lei fundamental que mostra a degradação do universo.

Resta ainda a compreensão da “Teoria Geral dos Sistemas” (doravante, apenas TGS) e as suas influências ao pensamento de Morin. A TGS trabalha com questões relacionadas a interdisciplinaridade e a um olhar complexo do real, e ela oferece reflexões importantes que permitem Morin pensar sobre a complexidade. Apontaremos agora uma breve introdução a TGS e os aspectos que contribuíram para o pensamento sobre a complexidade de Morin.

2.1.3 Contribuições da Teoria geral dos sistemas para a teoria da complexidade de Morin

Morin faz uma comparação da TGS com a Cibernética, pois a primeira utiliza conceitos da Cibernética, como o “feedback” e a “organização”, e ambas são áreas interdisciplinares. Contudo, o “[...] campo da teoria dos sistemas é muito mais amplo, quase universal, já que num certo sentido toda realidade conhecida, desde o átomo até a galáxia, passando pela molécula, a célula, o organismo e a sociedade [...]” (MORIN, 2011a, p. 19) são sistemas.

Bertalanffy afirma que a Cibernética é apenas uma parte da TGS, uma vez que a primeira trabalha suas ideias apenas no campo da informação e do controle, enquanto a última utiliza os estudos da Cibernética e o expande para áreas mais gerais. De qualquer forma, para Bertalanffy (BERTALANFFY, 2013, p. 37, 38):

a teoria dos sistemas é [...] frequentemente identificada com a cibernética e a teoria do controle. Também isto é incorreto. A cibernética enquanto teoria dos mecanismos de controle na tecnologia e na natureza, fundada nos conceitos de informação e retroação, é apenas uma parte da teoria geral dos sistemas. Os sistemas cibernéticos são um caso especial, embora importante dos sistemas que apresentam autorregulação.

Pelo termo “sistema”, compreendemos que ele é uma “[...] entidade unitária, de natureza complexa e organizada, constituída por um conjunto não vazio de elementos ativos que mantêm relações [...]” (FILHO; D’OTTAVIANO, 2000, p. 284). Qualquer entidade que seja constituída de elementos que interajam entre si pode ser chamada de “sistema”⁵³. Dessa forma, o átomo que é formado por prótons e elétrons, a galáxia que é formada por planetas estrelas e constelações, o organismo que é formado por células e órgãos podem ser chamados de sistemas.

A TGS foi criada e desenvolvida pelo biólogo austríaco Ludwig Von Bertalanffy por volta dos anos 20, e essa teoria surge como um questionamento sobre o método utilizado pela biologia no período contemporâneo desse autor, que seguia uma linha mecanicista. Segundo ele:

O autor deste livro, na década de 1920, ficou intrigado com as evidentes lacunas existentes na pesquisa e na teoria da biologia. O enfoque mecanicista então prevalecente, [...] parecia desprezar ou negar de todo exatamente aquilo que é essencial nos fenômenos da vida. O autor advogava uma concepção [...] que acentuasse a consideração do organismo como totalidade ou sistema [...] (BERTALANFFY, 2013, p. 31).

O ideal mecanicista, já mencionado no capítulo anterior com Bachelard, quando havíamos tratado da questão da redução dos fenômenos da realidade a elementos simples, no caso do choque das partículas que poderiam dar uma explicação geral sobre toda a realidade, foi o método de pesquisa e investigação da maioria das ciências a partir do período moderno.

⁵³ Edgar Morin critica a Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy pelo fato dela não levar em conta os aspectos organizacionais dos sistemas. Os sistemas não são apenas “totalidades” nem “interações” entre os seus componentes, mas sim, são totalidades que surgem através de interações e que se tornam organizacionais.

A TGS se opõe a ideia de que os objetos possam ser explicados apenas compreendendo isoladamente cada elemento simples que forma um objeto. Uma das críticas de Bertalanffy à biologia de sua época é que ela analisava a vida a partir somente dos seus aspectos constituintes, sem levar em consideração que a soma de todos esses constituintes poderia gerar algo que não se encontra na análise das partes isoladas. Para Bertalanffy:

A ciência clássica, em suas diversas disciplinas, sejam elas de química, biologia, psicologia ou de ciências sociais, tentaram isolar os elementos do universo observado – compostos químicos e enzimas, células, sensações elementares, indivíduos competindo livremente, etc – esperando que ao recoloca-los juntos, conceitual e experimentalmente, o todo ou sistema – célula, mente, sociedade – há de resultar inteligível (BERTALANFFY, 2013, p. 13, 14)

Os elementos que compõe o sistema são considerados componentes, partes ou agentes. De maneira geral a TGS parte da ideia de que os sistemas são objetos de pesquisa das ciências em geral. Bertalanffy acreditava que as ciências e as mais diversas disciplinas trabalhavam de algum modo com “sistemas”. Então o autor tem a ideia de criar uma teoria geral que estudasse as mais diferentes formas que um sistema poderia manifestar.

O autor da TGS percebeu que as ciências encontravam-se isoladas umas das outras, e que o conceito de sistemas poderia fazer com que essas ciências passassem a dialogar entre si. Segundo Bertalanffy:

Em muitos fenômenos biológicos e também nas ciências sociais e do comportamento são aplicáveis os modelos e as expressões matemáticas. Estes, evidentemente, não se incluem entre as entidades da física e da química e nesse sentido transcendem a física como paradigma da “ciência exata”. Tornou-se a aparente a semelhança estrutural desses modelos e seu isomorfismo em diferentes campos, e justamente revelaram-se centrais os problemas de ordem, organização, totalidade, teleologia, etc., que eram excluídos dos programas da ciência mecanicista (BERTALANFFY, 2013, p. 33).

A TGS, ao relacionar a ideia de sistemas nas mais diversas áreas, acabou trazendo à tona uma série de problemas que não podiam ser simplesmente resolvidos por métodos reducionistas, como o mecanicismo por exemplo. Para um método mecanicista, seria fácil medir e prever o comportamento dos fenômenos do universo com base apenas no choque dos elementos que formam um determinado objeto. Entretanto, para a TGS, não é apenas o movimento dessas partículas que

dariam o comportamento ao objeto, mas sim é a interação entre todos os elementos constituintes de um sistema que fariam com o que o objeto se comportasse de determinada maneira, podendo inclusive esse comportamento ser totalmente imprevisível.

A TGS passa a não aceitar de maneira imediata explicações de tipo reducionistas que visem a explicar o comportamento do “todo” pela simples junção dos elementos que o constituem. O método que reduz a realidade a elementos simples é conhecido como “analítico”, e segundo Bertalanffy (BERTALANFFY, 2013, p. 39):

“Procedimento analítico” significa que uma entidade pode ser estudada resolvendo-se em partes e, por conseguinte, pode ser constituída ou reconstituída pela união destas partes. Estes procedimentos são entendidos tanto e sentido material quanto em sentido conceitual. Este é o princípio fundamental da ciência “clássica”, que pode ser apresentado de diversas maneiras, a saber, resolução em séries causais isoláveis, procura de unidades “atômicas” nos vários campos da ciência, etc. O progresso da ciência mostrou que estes princípios da ciência clássica – enunciados primeiramente por Galileu e Descartes – têm grande sucesso em um amplo domínio de fenômenos.

A TGS não nega o desenvolvimento científico propiciado pelo método analítico⁵⁴, entretanto, Bertalanffy afirma que a teoria desenvolvida por ele possibilita um novo olhar para problemas científicos que não podem ser resolvidos apenas pelos métodos reducionistas.

Diferentemente do modelo cartesiano, no escopo da TGS as partes de um sistema não podem ser analisadas de forma separada, portanto, não seria possível obter um conhecimento claro referente ao sistema, visto que as partes não podem dizer muita coisa sobre a característica do todo. Isto, porque as partes do sistema estão em constante interação, e para que pudessem ser analisadas separadamente seria necessário que as “[...] interações entre as ‘partes’ ou não existam ou sejam suficientemente fracas [...] Só com esta condição as partes podem ser ‘esgotadas’ real, lógica e matematicamente, sendo em seguida ‘reunidas’.” (BERTALANFFY, 2013, p. 39).

⁵⁴ Morin (MORIN, 2011a, p. 11), assim como Bachelard (BACHELARD, 1978c, p. 160), afirmam que método analítico foi postulado primeiramente por René Descartes, e após isso, ele tornou-se o principal guia de pesquisa das ciências modernas, principalmente a física, após o sucesso obtido pelas leis e previsões da física newtoniana.

Sob o viés matemático da TGS, para que o método analítico seja suficiente para o estudo das partes, o comportamento dessas deveria ser regido por equações lineares, que poderiam ser caracterizadas pela previsibilidade da trajetória dos objetos, desse modo, elas assegurariam a aditividade das partes para a formação do todo. Em outras palavras, essas equações poderiam descrever tanto o comportamento do todo, quanto das partes analisadas separadamente, pelo fato de contemplarem o comportamento exato das partes de um sistema.

Os sistemas são caracterizados especificamente por suas “fortes interações” ou por interações “não-triviais”, isto é, um sistema não pode ser descrito apenas examinando seus componentes separadamente, assim como a não-trivialidade faz o sistema escapar as regras das equações lineares. Os elementos do sistema, portanto, possuem características que não podem ser previstas quando elas interagem com outros elementos.

Partindo, então, do entendimento de sistema como interação entre seus componentes, o ideal reducionista apresenta-se como método insuficiente para a compreensão deste. Além do problema relacionado ao reducionismo caracterizado pelo pensamento cartesiano, guia e diretor do método científico da modernidade, segundo Ilya Prigogine em *A nova Aliança* (1984), a redução do real à *res extensa* e *res cogitans* ocasionou a divisão da ciência em áreas separadas.

Contra a divisão e a especialização das ciências, a TGS propõe uma união entre as diversas ciências. De que modo poder-se-ia pensar numa interdisciplinaridade entre as diversas áreas do saber? Bertalanffy (BERTALANFFY, 2013, p. 54) afirma que:

A ciência está dividida em inúmeras disciplinas que geram continuamente novas subdisciplinas. Em consequência, o físico, o biólogo, o psicólogo e o cientista social estão, por assim dizer, encapsulados em seus universos privados, sendo difícil conseguir que uma palavra passe de um casulo para outro.

O autor constata também que se analisarmos a história das ciências, perceberíamos que elas enfrentaram praticamente as mesmas dificuldades relacionadas ao problema do reducionismo. As ciências estavam isoladas, os pesquisadores de uma área não puderam se comunicar para tentar encontrar juntos, soluções contra as dificuldades. Sobre isso, Bertalanffy afirma que “[...] problemas e

concepções semelhantes surgiram em campos amplamente diferentes” (BERTALANFFY, 2013, p. 54).

A física clássica enfrentou o sério problema do reducionismo das entidades da realidade em átomos e partículas que seriam governadas por leis relacionadas à velocidade e a posição destas, sendo afirmadas pelo mecanicismo. Na biologia, o ideal mecanicista apareceu com a concepção de que o objetivo desta deveria ser a resolução dos fenômenos vitais em entidades atômicas. Acreditava-se basicamente que a vida estaria diretamente relacionada às células, e as atividades do corpo a processos fisiológicos, o comportamento devia-se a reflexos condicionados e a hereditariedade se reduzia aos genes. A psicologia por sua vez, tentava resolver os problemas mentais com base em átomos psicológicos. Segundo Bertalanffy (BERTALANFFY, 2013, p. 56), é “[...] impressionante quando se considera o fato de que estes desenvolvimentos ocorreram independentemente uns dos outros”.

Essas três áreas enfrentaram o problema do reducionismo, sendo que cada uma apresentou uma superação para essa dificuldade. Esse problema ocorreu de maneira paralela em cada uma das disciplinas isoladas, sem que uma reconhecesse o problema na outra. A superação desse problema poderia ter ocorrido de maneira mais fácil, se os cientistas conhecessem o trabalho de pesquisa realizado por cientistas de outras áreas.

A análise histórica que levou a compreensão da similitude dos problemas dessas ciências fez Bertalanffy concluir que poderiam existir princípios, leis e modelos para a ciência em geral. Assim, poderia ser criada alguma teoria que levasse em consideração os problemas gerais das ciências, de modo que, quando uma disciplina enfrentasse uma dificuldade, seria realizada uma investigação em outra área para descobrir se não houve um problema parecido que foi superado.

A TGS foi a teoria criada com base na preocupação da unificação das ciências. As ciências tratam de e são sistemas, devido principalmente a complexidade dos problemas e dos objetos que estudam e também por serem teorias dentro de um conjunto de teorias que acabando formando um sistema. Considerando as ciências como sistemas, que tratam de sistemas, poderiam descobrir-se princípios gerais que regeriam todos os sistemas, facilitando a prática científica e também, auxiliando a integração entre as mais variadas disciplinas.

Com o desenvolvimento da TGS algumas questões sobre o método que a teoria iria utilizar para unificar as ciências, assim como problemas relacionados aos

tipos de sistemas, relações entre causalidade e finalidade, desordem e organização passam a fazer parte da maioria das reflexões sobre essa teoria. A TGS propõe uma resposta sobre os problemas colocados acima, modificando então a forma como essas questões eram vistas pela maioria dos cientistas. Inclusive, todas essas questões encontram-se interligadas dentro da concepção da TGS.

Em relação a desordem, é de comum acordo que essa ideia surgiu a partir dos estudos feitos pela termodinâmica que apresentam a desordem ligada com a ideia de entropia. Entretanto, em contraste com o conceito de desordem:

[...] apareceram em vários ramos da física moderna problemas de totalidade, interação dinâmica e organização. [...] Apareceram problemas de ordem e organização, quer se trate da estrutura dos átomos quer da arquitetura das proteínas ou de fenômenos de interação em termodinâmica. (BERTALANFFY, 2013, p. 55)

A grande pergunta e questionamento era saber como podemos encontrar coisas organizadas no universo, sendo que a segunda lei da termodinâmica afirma que o universo tende a um grau máximo de desordem? Com a cibernética e com a teoria da informação conseguimos entender que a informação é um conceito que consegue criar organização mesmo estando dentro de um universo que tende a desordem, entretanto, como alguns tipos de fenômenos tendem a manterem-se organizados e ordenados mesmo levando em consideração a entropia?

Se levarmos apenas em consideração o ponto de vista da física em nossa forma de enxergar os problemas do mundo, obviamente não conseguiremos obter uma resposta satisfatória em outros campos onde as ciências exatas ainda não penetraram. Como explicar que a vida, a sociedade, a economia se organizam utilizando apenas o ponto de vista da termodinâmica?

A TGS afirma que existem dois tipos básicos de sistemas: os fechados e os abertos. Suas diferenças devem ser levadas em consideração no momento em que um cientista busque fazer comparações entre ramos do saber distintos como a física e a biologia, por exemplo.

Os sistemas fechados são todos aqueles que não realizam troca de energia e matéria com o ambiente ao seu redor, e por não trocar energia, acabam sempre tendendo a um grau máximo de entropia ou desorganização. Segundo Bertalanffy (BERTALANFFY, 2013, p. 56): “a física e a físico-química convencionais tratam de sistemas fechados [...]” e dessa forma, entende-se que os fenômenos estudados a

partir desse viés, tenderão a desordem e a desorganização pelo fato de não retirarem energia do ambiente ao redor para manterem-se organizados.

Os sistemas abertos são aqueles que trocam energia e matéria com o ambiente. De maneira geral, todos “[...] os organismos vivos são essencialmente sistemas abertos [...]” (BERTALANFFY, 2013, p. 56). Dessa forma, os sistemas abertos permitem a organização e a ordem, visto que possuem a capacidade de retirar energia do ambiente para manterem-se se ordenando e organizando.

É importante entender que as ciências tratam de sistemas diferentes e um dos objetivos da TGS é o de conseguir fazer generalizações de tipos de sistemas diferentes em áreas que a primeira vista não possibilitaria esse olhar. Por exemplo, a física trata de sistemas fechados e a biologia trata de sistemas abertos. Assim, a TGS afirma que poderíamos olhar os fenômenos biológicos a partir do ponto de vista dos sistemas fechados, e os sistemas da física a partir dos sistemas abertos. De acordo com Bertalanffy (BERTALANFFY, 2013, p. 57)

Nada obriga a pôr um termo aos sistemas tradicionalmente tratados em física. Ao contrário, podemos aspirar a princípios aplicáveis aos sistemas em geral, quer sejam de natureza física, biológica quer de natureza sociológica. Se estabelecermos esta questão e definirmos de modo conveniente o conceito de sistema, verificaremos que existem modelos, princípios e leis que se aplicam aos sistemas generalizados qualquer que seja seu tipo particular e os elementos e “forças” implicadas.

A generalização dos sistemas na busca de modelos, princípios e leis gerais possibilita a descoberta de semelhanças em disciplinas consideradas separadas. Generalizando os sistemas na busca daquilo que seria igual entre eles, acaba-se descobrindo “isomorfismos” e semelhanças estruturais nos mais diversos campos. Bertalanffy oferece um exemplo da comparação entre sistemas de áreas diferentes:

uma lei exponencial de crescimento aplica-se a certas células bacterianas, a populações de bactérias, de animais ou de seres humanos e ao progresso da pesquisa científica, medida pelo número de publicações em genética ou na ciência em geral. As entidades em questão, bactérias, animais, homens, livros, etc. são completamente diferentes e o mesmo se dá com os mecanismos causais em ação. Contudo, a lei matemática é a mesma. Ou ainda, há sistemas de equações que descrevam a competição das espécies animais e vegetais na natureza. Mas parece que os mesmos sistemas de equações aplicam-se a certos campos em físico-química e em economia também. Esta correspondência é devida ao fato das entidades consideradas poderem ser interpretadas, sob certos aspectos, como “sistemas”, isto é, complexos de elementos em interação (BERTALANFFY, 2013, p. 58).

A TGS afirma que a vantagem de descobrirem-se formas de investigação similares em áreas diferentes, é que quando uma determinada área do saber se deparasse com um problema, poderia ser possível encontrar a resolução desse problema em outra área totalmente diferente, por exemplo, poderíamos pensar na questão do reducionismo para as diversas disciplinas, sendo que em áreas como a física ela estava sendo combatida, enquanto em outras áreas como a biologia, o reducionismo ainda impregnava o método dos biólogos.

Desse modo, a TGS preocupa-se com a determinação e a definição dos diversos tipos de sistemas para evitar comparações que poderiam algumas vezes escamotear a real complexidade dos problemas em determinadas disciplinas. Segundo Bertalanffy a (BERTALANFFY, 2013, 58) “[...] teoria geral dos sistemas seria um instrumento útil capaz de fornecer modelos a serem usados em diferentes campos e transferidos de uns para outros, salvaguardando ao mesmo tempo [...] das analogias vagas [...]” que poderiam prejudicar o progresso científico nos mais diversos campos.

A definição realizada por Bertalanffy de sistemas fechados e abertos foi fundamental para realizar a diferenciação entre as limitações que deveriam ser levadas em consideração ao serem realizadas as comparações desses dois tipos de sistemas. Em geral, como mencionamos acima, os sistemas fechados são geralmente os sistemas estudados pela física, enquanto os sistemas abertos remetem a organismos vivos, e a partir dessa diferenciação, Bertalanffy afirma que existem dois tipos de complexidade que deveríamos levar em consideração, que são a complexidade desorganizada e a organizada. Assim,

a física clássica, disse Weaver, teve grande sucesso em criar a teoria da complexidade desorganizada. Assim por exemplo, o comportamento de um gás resulta dos movimentos desorganizados e individualmente impossíveis de traçar de inumeráveis moléculas. Como um todo é governado pelas leis da termodinâmica. (BERTALANFFY, 2013, p. 59)

Como já mencionamos, o comportamento de um gás é desordenado devido ao choque das moléculas que o compõem que por sua vez podem ser medidas através de probabilidades, visto que é incerto o comportamento dessas moléculas, e gerando, portanto um comportamento desordenado. Os elementos que compõem o gás formam um todo que é o próprio gás, e esse é estudado pelas leis da física. Esse é um bom exemplo de complexidade desorganizada, visto que o

comportamento das moléculas é dado praticamente ao acaso e mesmo assim elas formam um objeto (gás) a partir de suas interações.

A complexidade organizada estuda os fenômenos que são formados por elementos em interação e que resistem de forma ordenada e organizada ao segundo princípio da termodinâmica (entropia). Segundo Bertalanffy (BERTALANFFY, 2013, p. 59):

o problema fundamental hoje em dia é o da complexidade organizada. Conceitos como os de organização, totalidade, direção, teleologia e diferenciação são estranhos a física convencional. No entanto surgem por toda a parte nas ciências biológicas, sociais e do comportamento, sendo na verdade indispensáveis para tratar dos organismos vivos ou dos grupos sociais.

A ideia de “totalidade” é essencial no ponto de vista da TGS, visto que o “todo” não pode ser explicado com base somente na análise das partes isoladas. Tem que se analisar também as interações que as partes realizam e que acabam formando o “todo”. Bertalanffy (BERTALANFFY, 2013, p. 62) afirma que:

[...] na ciência contemporânea aparecem concepções que se referem ao que é chamado um tanto vagamente de “totalidade”, isto é, problemas de organização, fenômenos que não se resolvem em acontecimentos locais, interações dinâmicas manifestadas na diferença de comportamento das partes quando isoladas [...] Em resumo, aparecem “sistemas” de várias ordens, que não são inteligíveis mediante a investigação das suas respectivas partes isoladamente.

As ideias de organização, direção, teleologia e diferenciação, podem ser explicadas de melhor maneira a partir do exemplo dado por Bertalanffy, ao tentar entender o porquê dos sistemas abertos manterem-se em estados de equilíbrio, indo no sentido inverso à dispersão cósmica apresentada pelo segundo princípio da termodinâmica.

Segundo Bertalanffy, a partir desse viés, há uma contradição entre os princípios da física e a teoria da evolução de Darwin, sendo que a primeira afirma que o universo, através da entropia, tende a desorganização total, enquanto a teoria da evolução mostra “[...] uma transição para [...] a organização” (BERTALANFFY, 2013, p. 66). A contradição entre essas duas teorias pode ser resolvida com base na teoria dos sistemas abertos, pois sabendo-se que os sistemas fechados tendem a aumentar a entropia, passamos a considerar que o organismo vivo trata-se de outro

tipo de sistema, que luta constantemente contra a desorganização através da troca de energia com o ambiente.

Outra análise dentro dos campos dos sistemas abertos e fechados é a questão da direção e da teleologia. Em sistemas fechados o estado final é geralmente determinado pelas suas condições iniciais. De acordo com Bertalanffy, (BERTALANFFY, 2013, p. 65) “assim, por exemplo, o movimento de um sistema planetário, no qual as posições dos planetas no tempo são inequivocamente determinadas por suas condições no tempo.” Para sabermos a posição futura de um planeta, precisamos saber qual a velocidade do seu movimento e a sua localização no espaço, sendo que acertaremos facilmente a previsão de onde ele estará desde que as condições iniciais (tempo e velocidade) não mudem. Por sua vez nos sistemas abertos o “[...] mesmo estado final pode ser alcançado partindo de diferentes condições iniciais e por diferentes maneiras. É isto que se chama equifinalidade e tem significativa importância para os fenômenos da regulação biológica.” (BERTALANFFY, 2013, p. 65).

A TGS postula que “os sistemas abertos, na medida em que alcançam o estado estacionário, devem apresentar a equifinalidade [...]” (BERTALANFFY, 2013, p. 66). Em sistemas abertos, as condições iniciais não determinam a direção do desenvolvimento, visto que de caminhos diferentes o sistema acabará atingindo o seu fim. A equifinalidade desbanca a ideia mecanicista de causalidade linear⁵⁵, visto que em organismos vivos, o corpo se regula para poder atingir um determinado fim.

A ideia de “retroação” da Cibernética também entra em confronto com o postulado de uma causalidade linear, e a retroação pode ser utilizada tanto para entender o funcionamento de uma máquina quanto de um organismo vivo e:

há de fato um grande número de fenômenos biológicos que corresponde ao modelo de retroação. Primeiramente, existe o fenômeno da chamada homeostase⁵⁶, ou manutenção do equilíbrio no organismo vivo, cujo protótipo é a termorregulação nos animais de sangue quente. O resfriamento do sangue estimula certos centros do cérebro que “ligam” os

⁵⁵ A causa linear postula que um evento “A” causa um evento “B”, mas que este não tem influência nenhuma sobre o primeiro evento. A equifinalidade mostra que pode se partir de qualquer evento e mesmo assim ele atingirá uma finalidade. O conceito de retroação é importante aqui, pois caso, num evento que possua equifinalidade sofra de uma algum ruído ou perturbação, a retroação sobre esse ruído propicia que o evento atinja de qualquer forma o seu fim.

⁵⁶ Segundo Morgan (MORGAN, 1996,p. 40): “ O conceito de homeostase refere-se a auto-regulação e a capacidade de manter um estado estacionário. [...] Assim, quando a temperatura do nosso corpo aumenta acima dos limites normais, certas funções corporais operam para tentar impedir o aumento de temperatura (por exemplo, começamos a suar, e a respirar pesadamente)”.

mecanismos de produção do calor do corpo e a temperatura do corpo é enviada como informação de volta ao centro, de modo que a temperatura mantém-se em um nível constante. (BERTALANFFY, 2013, p. 70)

Ideias como a de retroação e de equifinalidade apresentam-se como novas concepções que mudam a nossa maneira de enxergar e entender o mundo, que havia sido postulado pelos ideais mecanicistas. O mecanicismo como visão mundo havia feito com que a realidade física fosse desmembrada em choques de átomos e partículas, o organismo vivo foi reduzido “[...] em células, o comportamento em reflexos, a percepção em sensações puntiformes [...]” (BERTALANFFY, 2013, p. 71). Com a redução dos fenômenos da realidade a características simples, o ideal mecanicista conseguiu obter êxito na sua explicação de que os processos que correm nos níveis físico, biológicos, psicológicos, sociais e etc. fossem conduzidos a partir do ponto de vista de relações causais entre seus elementos. Porém, de acordo com Bertalanffy (BERTALANFFY, 2013, p. 72):

Podemos declarar, com característica da ciência moderna, que este esquema de unidades isoláveis atuando segundo a causalidade em um único sentido mostrou-se insuficiente. Daí o aparecimento em todos os campos da ciência de noções, tais como totalidade, holístico, organísmico, Gestalt, etc, significando todas que, em última instancia, temos de pensar em termos de sistemas de elementos em interação mútua.

A retroação e a equifinalidade trazem a tona os problemas relacionados as noções de teleologia e finalidade, pois essas noções “[...] pareciam estar fora do âmbito da ciência” (BERTALANFFY, 2013, p. 72). A retroação e a equifinalidade apontam que independente das causas que ocorram nas condições iniciais de um experimento, o resultado final tende a ser o mesmo. A retroação na máquina ou no homem é um meio que possibilita a troca de informações do ambiente com o sistema aberto, fazendo com que esse sistema atinja a sua finalidade independente dos problemas, ruídos e erros provindos de fora do sistema, ou até mesmo, de uma desregulação do sistema.

Podemos perceber que os conceitos trazidos pela teoria da informação, pela cibernética e pela TGS implicam um estudo sobre fenômenos de natureza complexa, visto que essas áreas tratam de diversos conceitos em interação e que não podem ser explicados a partir de análises simples. De acordo com Morin “[...] a complexidade começa logo que há sistema, isto é, inter-relações de elementos diversos numa unidade que se torna complexa” (MORIN, 2014, p. 291). A

complexidade da informação dá-se na própria definição do seu conceito e também na relação que ela realiza entre disciplinas distintas, a complexidade cibernética dá-se quando essa disciplina estuda o controle e a comunicação a partir de pontos de vistas de diversas disciplinas e trata também do cuidado em estudar o comportamento do objeto ou do ser vivo a partir de uma série de comandos distintos. A complexidade da TGS:

[...] manifesta-se, sobretudo, no fato de que o todo possui qualidades e propriedades que não se encontram no nível das partes consideradas isoladas e, inversamente, no fato de que as partes possuem qualidades e propriedades que desaparecem sob o efeito das coações organizacionais do sistema (MORIN, 2014, p. 291).

A complexidade sistêmica aumenta cada vez mais que o sistema possui mais e mais partes interligadas e seu comportamento torna-se menos determinista. Quando se fala de “sistemas abertos”, a complexidade é diferente de qualquer outro tipo de sistema, visto que ela realiza uma série de ligações retirando energia e informação do ambiente, tornando-se cada vez mais difícil de se investigar.

Morin afirma que “o sistema vivo possui e combina até o extremo a complexidade sistêmica, a complexidade de sistema ‘aberto’, a complexidade cibernética” (MORIN, 2014, p. 292). Ao tratar do ser vivo, devemos estar atentos a um novo tipo de complexidade, que envolve todas as outras, e que apresenta as suas características próprias.

O ser vivo apresenta uma característica que o diferencia de qualquer tipo de máquina artificial, que é a capacidade de se ajustar aos ruídos, a destruição e a desorganização provinda do ambiente. O ser vivo é dotado de uma complexidade biológica chamada de “auto-organização”, que permite que ele se adeque as mudanças oriundas do exterior.

O grau de complexidade de uma máquina estudada pela cibernética e do ser vivo difere justamente no que tange a auto-organização dos sistemas biológicos. Existem também algumas diferenças importantes entre o ser vivo e a máquina no que tangem a sua organização. Morin apresenta três diferenças essenciais: 1º) acerca dos componentes que formam a máquina e o ser vivo; 2º) Sobre a ação do “erro” nesses constituintes e 3º) sobre a utilização dos erros para a generatividade do sistema.

1º) A primeira diferença consiste na compreensão das partes que constituem a máquina e o ser vivo. De maneira geral, as máquinas são geralmente constituídas por partes “[...] extremamente confiáveis, ou seja, por peças calibradas, verificadas, que se ajustam perfeitamente umas às outras e são constituídas pelos materiais mais resistentes e menos deformáveis em função do trabalho a efetuar” (MORIN, 2014, p. 294). Entretanto, a máquina enquanto totalidade possui uma confiabilidade muito reduzida, visto que quando um dos seus componentes se degrada (estraga), isso pode gerar um mau funcionamento, tanto quanto a avaria da máquina que depende daquele componente.

A situação é inversa quando consideramos o ser vivo e seus componentes, pois o ser vivo é composto por elementos que não são tão resistentes e confiáveis quanto o de uma máquina, por exemplo, as moléculas que compõem “[...] uma célula, as células de um organismo degradam-se incessantemente e têm duração efêmera (assim, 99% das moléculas de um ser humano são destruídas no espaço de um ano)” (MORIN, 2014, p. 294). Entretanto, por mais que os componentes do ser humano não sejam tão confiáveis, o conjunto de todos esses componentes é muito mais confiável que as suas partes, e também, muito mais confiável que o de qualquer máquina artificial.

2º) A segunda diferença consiste na questão do “erro” e a sua relação com esses dois sistemas. No caso das máquinas, qualquer erro pode ser fatal para seu desempenho, enquanto no ser vivo o erro ou a falha de alguns dos seus componentes não representa uma falha no sistema inteiro. A equifinalidade no ser vivo “[...] permite realizarem seus fins (seu ‘programa’) por meios desviados, apesar de carências, de acidentes ou de obstáculos [...]” (MORIN, 2014, p. 295).

Morin, ao analisar essas questões, encara o problema da confiabilidade da máquina artificial e do ser vivo, a partir dos conceitos de “ordem” e “desordem”. Quando as partes de uma máquina sofrem desgastes, deformações e degradações, que comprometem de maneira geral a ordem e a organização do sistema, podem ser consideradas como fatores de desordem. Quando se trata “[...] de uma máquina cibernética dotada de um programa ou manipuladora de informação, essa desordem pode ser considerada ‘ruído’” (MORIN, 2014, p. 295). O ruído desorganiza a mensagem original tornando-a fonte de erros.

A máquina artificial não pode tolerar por muito tempo a desordem e os erros oriundos do desgaste, da degradação ou da falta das suas peças, e, além disso,

também não é capaz de prever a fonte desses erros e de se ajustar sozinha. O ser vivo por sua vez:

tolera sempre uma parte de desordem, de ruído, de erros, até certos limiares. A degradação das moléculas e das células num organismo, que é contínua, como vimos, constitui, nesse sentido, a desordem permanente. Além disso, há um certo grau de autonomia das células num organismo; enquanto numa máquina a integração peça por peça dos componentes é extremamente precisa e rigorosa, a integração das células entre elas, dos órgãos entre eles é extremamente frouxa e, portanto, comporta margem de incertezas e de aleatoriedades. A presença de agentes infecciosos, de elementos nocivos, tal como a proliferação descontrolada de células, é, num organismo — até certo limite, naturalmente — um fenômeno normal (MORIN, 2014, p. 296).

A desordem também tem a ver com antagonismo, conflito, concorrência e competição. Todavia, somente o ser vivo é capaz de lidar com esses conceitos, enquanto as máquinas em sua maioria não conseguem suportá-los. Segundo Morin, todos esses conceitos remetem a ideia de complexidade: quanto mais “[...] evoluído for um ser vivo, mais complexo⁵⁷ ele é e mais compreende em si desordem, ruído e erro” (MORIN, 2014, p. 297).

3º) A terceira diferença entre a máquina artificial e o ser vivo está na questão da generatividade, isto é, nas capacidade do ser vivo se constituir a partir da desordem. Morin afirma que “todo sistema físico organizado sofre, sem remissão, o efeito do segundo principio da termodinâmica [...]” (MORIN, 2014, p. 297), dessa maneira, a máquina artificial a partir do momento de sua criação, está destinada a sofrer desordens com o passar do tempo. Obviamente as máquinas podem ser reparadas caso as suas peças se desgastem ou se quebrem, entretanto, o reparo depende sempre de um sistema exterior ao da máquina, ou em outras palavras, a máquina sempre depende de outra máquina ou de um homem que faça o reparo nas peças que se encontram danificadas. A máquina artificial desde o momento de sua criação é degenerativa, independente se funcione ou não.

O ser vivo por outro lado, é temporariamente não degenerativo, visto que “[...] é capaz de renovar seus constituintes moleculares e celulares que se degradam” (MORIN, 2014, p. 298). A degeneração acontece a partir da morte do indivíduo, entretanto, o ser vivo possui a capacidade de generatividade que a

⁵⁷ Morin afirma que a sociedade dos homens e o cérebro são os sistemas mais complexos que existem e dessa forma são os que carregam de maneira mais acentuada as aleatoriedades, as desordens e os ruídos.

máquina desconhece. Morin apresenta a ideia da generatividade ligada a evolução biológica do ser vivo, pois ela:

pode ser considerada o desenvolvimento selvagem arborescente, a partir de um antepassado celular único, no reino vegetal e no reino animal, da complexidade generativa. Tais desenvolvimentos efetuaram-se ao longo das mutações ou reorganizações genéticas, que enriquecem o patrimônio hereditário no sentido da complexidade. Assim, há uma relação essencial entre geratividade e complexidade biológica; a complexidade biológica traduz-se por geratividade, que, por sua vez, se traduz por complexidade (MORIN, 2014, p. 298)

Para Morin, a questão da confiabilidade, a não degeneratividade e generatividade do ser vivo, dependem da confiabilidade e da degeneratividade dos seus componentes. A desordem e o erro são fatais em alguns aspectos, mas eles também são importantes para que o ser vivo evolua e realize a sua própria organização. A complexidade biológica encontra-se “[...] entre o vital e o mortal” (MORIN, 2014, p. 299). O ser vivo extrai da desordem e do erro a sua ordem, justamente através da sua auto-organização. De acordo com Morin “a geratividade funciona com a desordem, tolerando-a, servindo-se dela e combatendo-a, em relação antagônica, concorrente e complementar” (MORIN, 2014, p. 300).

O que está em jogo ao tratar da ideia de auto-organização, é que a partir desse conceito podemos perceber um elo entre ordem e desordem, que a princípio eram considerados conceitos contrários e que não podiam se misturar. Além disso, a partir da análise das ideias da “teoria da informação”, da “cibernética” e da “TGS”, procuramos ilustrar a influência dos principais aspectos dessas teorias no pensamento de Edgar Morin, no que tange especificamente a abordagem de um pensamento complexo.

As ideias trabalhadas aqui de “informação”, “retroação”, “equifinalidade” “sistemas”, “auto-organização”, “organização”, “ordem” e “desordem” serão apresentadas no próximo tópico de nosso capítulo, pois são conceitos essenciais para a compreensão do que Edgar Morin entende por “complexidade”. Procuraremos mostrar também que esses conceitos, ao serem utilizadas por Morin, tornam-se complexos, pois permitem que possamos pensá-los e usá-los além das áreas de criação que esses conceitos surgiram.

2.2 O PENSAMENTO COMPLEXO DE EDGAR MORIN E O ELO ENTRE A FÍSICA, A BIOLOGIA E A ANTROPOSSOCIOLOGIA

Na obra *O Paradigma perdido* (1973), Morin procura fazer uma reformulação do conceito de “homem” apresentado pela antropologia, e a partir disso percebe que o homem deve ser visto como uma junção do conceito de “indivíduo”, “sociedade” e “espécie” e, que dessa forma o homem é tanto social quanto biológico, não podendo ser reduzido unicamente a nenhum desses termos e tendo que ser estudados a partir da relação entre eles.

Segundo Morin: “[...] estou convencido de que a sociedade antropossocial⁵⁸ precisa se articular com a ciência da natureza e que tal articulação requer uma reorganização da própria estrutura do saber” (MORIN, 2013, p. 22). Houve uma ruptura na ideia de “homem” pelo fato das ciências da natureza, biológicas e as do homem trabalharem de maneira isolada e não realizarem o diálogo sobre a definição do objeto em comum que elas estudam. Se o objeto for o homem, então cada ciência estuda uma parte isolada do homem, reduzindo-o aos dados obtidos por cada área do saber.

É necessária uma mudança no saber, que passe a levar em consideração não as definições de cada ciência separada, mas sim, as relações e as interações em cada resultado obtido pelas ciências.

Na obra de 1973, Morin tenta mostrar que é preciso realizar uma articulação entre “[...] indivíduo e sociedade (o que foi algumas vezes colocado em prática, mas as custas da limitação de uma das definições em benefício da outra), mas também efetuar a articulação, tida como impossível [...] entre a esfera biológica [...]” (MORIN, 2013, p. 22) e a esfera antropossocial. É a partir das reflexões sobre esses problemas, que Morin percebe que para realizar a difícil tarefa de relacionar áreas distintas e conceitos antagônicos, é necessário um princípio de explicação que leve em consideração a complexidade do objeto a ser estudado e também do método que seja capaz de realizar a tarefa de ligação entre os conceitos.

Morin afirma que, ao buscar a resposta sobre o método que possibilite a relação entre as ciências em áreas como a “teoria da informação”, a “cibernética” a “TGS” e da teoria da “auto-organização”, ele se depara com o conceito de

⁵⁸ O termo antropossocial pode ser caracterizado como a inscrição dos aspectos biológicos do homem à sua esfera social e cultural.

“organização” que poderia ser uma ferramenta essencial para que ele conseguisse realizar a junção entre as áreas. Para Morin,

a organização é um conceito original se levarmos em consideração a sua natureza física. Ela introduz uma dimensão física radical na organização viva e na organização antropossocial, que podem e devem ser consideradas como desenvolvimentos transformadores da organização física. Assim, a ligação entre física e biologia não pode mais ser limitada à química nem mesmo a termodinâmica. Ela deve ser organizacional. (MORIN, 2013, p. 23)

A ideia de organização remete então a um aspecto físico que pode dar respostas sobre a articulação entre a esfera biológica e antropossocial, mas é necessário desse modo, realizar uma junção entre: física → biologia → antropossociologia.

Uma das novidades da ciência contemporânea é a reintegração do sujeito dentro do conhecimento objetivo do mundo. Não há como pensar a física contemporânea sem a junção do sujeito e do objeto e, desse modo, aí já há logicamente uma junção entre o físico (mundo) e o homem (biológico)⁵⁹. É claro que há também uma relação entre o homem e a sociedade em que ele está inserido, sendo que seu pensamento encontra-se de acordo com a cultura em que ele vive. O saber físico remete-se em última instância a uma determinação social que passa por sua vez, pelo sujeito que vai realizar o experimento.

Ao estudar a relação entre essas áreas tentaremos expor duas linhas principais que nortearão nosso trabalho: a primeira linha de raciocínio é a que será tema desse capítulo, ou seja, a relação entre física, biologia e antropossociologia; a segunda linha será desenvolvida no próximo capítulo, que será a crítica de Morin ao pensamento que ocasionou a disjunção entre as disciplinas e que guiou o pensamento científico da modernidade.

Iniciaremos pela análise que Morin faz da física, e depois seguiremos com sua explicação a partir da biologia e da antropossociologia. Levaremos em consideração principalmente, as ideias de ordem, desordem e organização, que se encontram em todas essas áreas e que permitem que reflitamos sobre as semelhanças e diferenças entre elas.

⁵⁹ Dissemos que o homem é biológico, mas não queremos reduzir o homem a isso. Ele também é físico e social, mas apenas utilizamos a concepção biológica para deixar claro a ligação entre a física e a biologia.

2.2.1 O pensamento complexo a partir da Física

Assim como o conceito de “homem” que se encontra separado por diversas disciplinas, a própria ideia de “mundo” é desmembrada pelas ciências. Morin ao fazer uma análise da complexidade a partir do ponto de vista físico não pensa em analisar esse conceito de maneira simples, olhando apenas para o aspecto “material” desse conceito, mas sim, relacionando-o com as ideias de vida e de antropossociologia.

As ciências modernas com inspiração de um ideal mecanicista reduziram os acontecimentos do mundo à ideia simples de “ordem”, afirmando que o mundo é ordenado e que para descrevê-lo, basta que saibamos precisamente a causa e o efeito dos fenômenos. Inclusive havia a crença de que todo o real poderia ser descrito matematicamente, com fórmulas exatas e perfeitas, apontando a sucessão precisa dos eventos. Segundo Morin: “a ordem, Palavra-Mestre⁶⁰ da ciência clássica, reinou do Átomo à Via Láctea⁶¹” (MORIN, 2013, p. 51).

A “ordem” foi um conceito presente não apenas na física, mas também em diversas ciências, como a biologia e a sociologia, e desse modo, acreditava-se que a “[...] verdadeira realidade é Ordem física, onde todas as coisas obedecem as Leis da Natureza, Ordem biológica, onde todo indivíduo obedece a Lei da Espécie, Ordem social, onde todo humano obedece a Lei da Cidade” (MORIN, 2013, p. 52).

A ideia de “ordem” que guiou todo o pensamento e ideal científico do período moderno, só deixou de reinar absoluta quando o “segundo princípio da termodinâmica” (entropia), apresentou a ideia de dispersão, de desgaste e de degradação. Para Morin, a entropia degrada a ideia de “ordem”, visto que apresenta uma ideia de que o universo não consegue mais converter a energia calorífica utilizada no trabalho e nas transformações, isto é, a energia sempre se perde.

⁶⁰ Por “Palavra-Mestra” entendemos uma ideia de tipo reducionista, que visa a assimilação de todo o pensamento em torno do seu conceito, não permitindo que nada seja pensada além dela.

⁶¹ Para Bachelard, a ideia de ordem desce do céu a terra, pois é observando a regularidade dos fenômenos celestes que os cientistas acreditaram que o mundo que vivemos, assim como o universo que nos cerca e regido pela ordem. Morin por sua vez, concorda com essa ideia de Bachelard, entretanto ele acrescenta que a ideia de “átomo” também ajudou a crer que existia uma ordem-mestra que a tudo governava. Nas palavras de Morin, “consideremos os dois pilares fundamentais da ordem e da organização no universo, o átomo, que reina no microcosmo, e o Sol, que reina no macrocosmo. Tanto um quanto outro estendem sua ordem em longas distâncias, o átomo, em sua esfera de atração eletrônica, o sol em sua esfera de atração planetária” (MORIN, 2013, p. 81).

Já expomos nos tópicos anteriores que a entropia representa o grau de desordem dentro de um sistema, e ela significa o aumento dessa desordem. O segundo princípio da termodinâmica além de ser visto em termos de trabalho, pode ser pensado “[...] em termos de ordem e desordem. Ele se põe de repente em termos de organização e de desorganização, já que a ordem de um sistema é constituída pela organização que dispõe os elementos heterogêneos em um todo” (MORIN, 2013, p. 54).

Como vimos ao tratar da cibernética, Clausius generalizou a entropia a todo o universo mostrando que o universo tenderia a um grau máximo de entropia caso não houvesse mais energia para ele conseguir se manter. Isso se partimos da ideia de que o universo é um sistema fechado e não realiza trocas energéticas com o ambiente.

De qualquer forma, a ideia de entropia fere o pressuposto de uma “ordem” que guiaria todo o curso do universo, visto que ele se encaminha gradativamente para a desordem. A partir do momento que a entropia apresenta a ideia de que existe uma desordem e que esta pode corroer a ordem e a organização,

a evidencia ontológica da ordem e da organização encontra-se invertida. O problema não é mais: por que há desordem no universo apesar de reinar uma ordem universal? É: por que há ordem e organização no universo? A ordem e a organização, cessando de constituir as evidencias ontológicas, tornam-se então problema e mistério: elas devem ser explicadas, justificadas, legitimadas. (MORIN, 2013, p. 56)

Quando se concebe a “desordem” no mundo passa-se a se perguntar sobre os fundamentos originários da ordem e da desorganização. Quando pensamos também em “sistemas abertos” podemos levantar a questão de como surge uma organização mesmo após haver uma desordem que tem o poder de desregular tudo? Em relação aos sistemas abertos, apresentamos a ideia de que ele se auto-organiza tirando energia do ambiente, mas temos que lembrar que esse conceito é importante para termos a ideia de que é possível relacionar ordem e desordem.

Para Morin, a desordem trazida pela termodinâmica é apenas uma ideia simples do conceito de desordem, visto que ela significa de maneira geral, morte, desgaste e destruição. Entretanto, Morin apresenta outras ideias de desordem, que são diferentes daquela apresentada pela entropia, mostrando que a ideia de desordem em si mesma é complexa.

Por volta de 1900, com a descoberta do *quantum* de energia por Max Planck que originou a física quântica, as concepções científicas vigentes de “átomo” mudam drasticamente. O átomo era visto a partir do modelo de Rutherford, em que partículas orbitam em torno do núcleo, sendo então considerada como um elemento ordenado, assim como a imagem de planetas girando ao redor do Sol.

Com a física quântica descobriu-se que as partículas que orbitam ao redor do núcleo não são irreduzíveis e também não são tão simples de serem definidas, identificadas e até mesmo medidas. As partículas perdem “[...] seus atributos mais certos da ordem das coisas e das coisas da ordem. Ela se agita, se dissocia, se indetermina, se polidetermina sob o olhar do observador” (MORIN, 2013, p.57).

As partículas não podem mais ser objetos simples, elas são objetos complexos que inclusive se mostram as vezes como onda ou partícula, dependendo da interferência do observador. Com as descobertas da física quântica, o sujeito que havia sido excluído da pesquisa científica no período moderno, retorna como ator que influencia na realidade que ele observa.

Inclusive a mensuração da partícula depende totalmente do observador, a partir do princípio da incerteza de Heisenberg⁶², que postula que ao descobrirmos a posição da partícula não poderíamos conhecer a sua velocidade e vice-versa. O mundo microfísico é um “[...] delirante mingau subatômico de fótons, elétrons, nêutrons, prótons que desintegra tudo o que conhecemos por ordem, organização, evolução” (MORIN, 2013, P. 57).

O átomo é um sistema que em si mesmo é ordenado e organizado e, desse modo, pode ser explicado por um formalismo matemático, mas os elementos que o compõem são desordenados e agem de maneira aleatória.

Algumas perguntas começam a aparecer após as descobertas da física quântica, pois se todos os elementos do universo são constituídos por átomos e, por conseguinte, prótons, nêutrons e elétrons, que agem de maneira desordenada e não podem ser facilmente conceituados devido às intervenções do observador e a sua própria complexidade, então isso quer dizer que tudo no universo possui em si mesmo uma desordem intrínseca? Somos constituídos por elementos desordenados, logo a desordem habita em nós? A desordem aparece nesse caso, como algo:

⁶² Comentamos sobre essa característica do princípio da incerteza no capítulo anterior, mais especificamente no tópico “1.2.3” da página 59, ao falarmos sobre Bachelard.

*totalmente diferente da desordem ligada ao segundo princípio da termodinâmica. Não é uma desordem de degradação e de desorganização. É uma desordem constitucional, que faz necessariamente parte da *physis*, de todo ser físico. Ela faz parte [...] da ordem e da organização, mesmo não sendo nem ordem, nem organização (MORIN, 2013, P. 58, grifos do autor)*

Nosso universo, assim como as coisas que estão a nossa volta apresentam de maneira geral um nível de ordem e organização, tudo pode ser medido, pesado, facilmente definido, tudo é aparentemente simples, porém, quando tratamos da estrutura que constitui em compõem as coisas, não podemos negar a existência da desordem. A desordem apresentada pela microfísica, é bem diferente da desordem apresentada pela termodinâmica, pois a primeira “[...] é uma desordem que em vez de se degradar, faz existir” (MORIN, 2013, p. 58).

Tanto a desordem termodinâmica quanto a desordem microfísica trazem à tona ideias importantes sobre o modo como funciona o universo, e sobre como a desordem encontra-se ligada a ele. Mas ambas as desordens, segundo Morin, são deixadas no esquecimento, pois “[...] a ordem cósmica imperial, absoluta, eterna, continua a reger um universo regulado, esférico, pontual” (MORIN, 2013, p. 58). A ideia de que o universo seguia uma ordem, era muito forte para ser vencida pela termodinâmica e pela microfísica, e a ordem expulsava a ideia de que algum tipo de desordem poderia existir no universo.

Além das duas formas de desordem apresentadas, outra forma de desordem iria aparecer a partir dos anos 20, e trata-se de uma desordem ligada ao próprio surgimento do universo, ou em outros termos, uma desordem genésica. Segundo Morin:

em 1923, descobre-se a existência de outras galáxias que vão virar milhões em breve, cada uma pululando de um a cem bilhões de estrelas. Sem parar desde então, o infinito recua ao infinito e o visível dá lugar ao extraordinário (descoberta em 1963 dos quasares, em 1968 dos pulsares e depois dos “buracos negros”). Mas a grande revolução não é descobrir que o universo se estende a distancias incríveis e que ele contém os corpos estelares mais esquisitos: é que sua extensão corresponde a uma expansão, que esta expansão é uma dispersão, que esta dispersão é, talvez, de origem explosiva (MORIN, 2013, p. 58, grifo do autor).

A partir da comprovação⁶³ da teoria de expansão do universo percebemos que o universo pode ter surgido de uma grande explosão desordenada que deu origem a tudo aquilo que conhecemos. Inclusive, o próprio fato do universo se expandir e de milhares de galáxias se afastarem a todo instante, quebra a ideia do universo como se fosse ordenado e regulado racionalmente.

As descobertas astronômicas realizadas após os anos 20 nos apresentam um universo onde galáxias e estrelas nascem e morrem a todo tempo, além disso, o nosso próprio universo corre o risco de ter um fim. De acordo com Morin, “nós descobrimos que a estrela, longe de ser a esfera perfeita, balizando o céu, é uma bomba de hidrogênio em câmara lenta, um motor em chamas” (MORIN, 2013, p. 59).

O universo em que vivemos, as galáxias e as estrelas que o compõe seguem também uma desordenação causadas provavelmente por uma desordem inicial. “O cosmos queima, vira, se decompõe” (MORIN, 2013, p. 59). A desordem genésica é um terceiro tipo de desordem que está ligada diretamente ao surgimento e a constituição do universo que conhecemos, inclusive ela engloba as outras duas formas de desordem apresentadas.

Após apresentar essas três formas diferentes de desordem que estão ligadas a energia (entropia), a microfísica e ao próprio universo enquanto totalidade, Morin nos questiona sobre como poderia ser possível haver uma organização no cosmos se o universo surgiu de forma desordenada. Como puderam ser formar estrelas, planetas, vida, organização e ordem a partir da desordem? Morin ao tentar responder esse questionamento, apresenta uma nova forma de desordem que engloba as três desordens apresentadas, mostrando que a desordem não está desvinculada da ordem e nem da organização.

A termodinâmica havia apresentando uma desordem desorganizadora, mas podemos pensar também em uma desordem organizadora. Morin afirma que Ilya Prigogine desenvolveu essa ideia a partir dos seus estudos em química e ele “[...] nos mostra que não há necessariamente exclusão, mas eventualmente complementaridade entre fenômenos desordenados e fenômenos organizadores”

⁶³ Nas palavras de Neves (NEVES, 2000, p. 189): “[...] foi somente neste século que o trabalho de um homem, Edwin Hubble, permitiu que as questões acerca das distâncias extragalácticas estabelecessem um dos pilares do atual paradigma da origem do Universo (o Big Bang): a recessão das galáxias, baseada na interpretação do deslocamento das raias espectrais para o vermelho (redshift) como derivado do efeito Doppler”. A partir da análise sobre as raias espectrais, Hubble concluiu que quanto mais longe uma galáxia se encontra da outra, mais vermelha essas raias ficam. E ele constatou através desse efeito que as galáxias se distanciam cada vez uma das outras, dando então a ideia de que o universo está se expandindo.

(MORIN, 2013, p. 60). Prigogine inclusive desenvolve a ideia de desordem organizadora a partir da termodinâmica dos processos irreversíveis⁶⁴ sendo que de seu estudo:

A termodinâmica dos processos irreversíveis descobriu que os fluxos que atravessam certos sistemas físico-químicos e os afastam do equilíbrio podem nutrir fenômeno de auto-organização espontânea, rupturas de simetria, evoluções no sentido de uma complexidade e diversidade crescentes. (PRIGOGINE; STENGERS, 1991, p. 207)

Sistemas que estão fora de equilíbrio ou que estão desordenados podem dar origem a fenômenos ordenados e organizados⁶⁵. Um exemplo disso são os turbilhões de Bénard⁶⁶ que mostram que alguns fenômenos relacionados ao calor⁶⁷, tornam-se organizados a partir de uma desordem inicial. Para Morin, é possível “[...] explorar a ideia de um universo que constitui sua ordem e sua organização na turbulência, na instabilidade, no desvio, na improbabilidade, na dissipação energética” (MORIN, 2013, p. 61). Inclusive a ideia de auto-organização mostra que o ser vivo se auto regula a partir das desordens.

Outro exemplo de que um fenômeno ordenado pode surgir da desordem, é o do surgimento do carbono:

⁶⁴A termodinâmica de Prigogine afirma que de processos aleatórios pode se originar estruturas organizacionais. O autor critica o pensamento simplificador e determinista, e afirma o seguinte: “A ciência dos processos irreversíveis reabilitou no seio da física a concepção de uma natureza criadora de estruturas ativas e proliferantes. Por outro lado, a partir de agora sabemos que, mesmo em dinâmica clássica, no que respeita aos movimentos planetários, o mítico demônio onisciente, que se dizia ser capaz de calcular o futuro e o passado a partir de uma descrição instantânea, morreu. Encontramo-nos num mundo irreduzivelmente aleatório, num mundo em que a reversibilidade e o determinismo figuram como casos particulares, em que a irreversibilidade e a indeterminação microscópicas são regra” (PRIGOGINE; STENGERS, 1991, p. 8).

⁶⁵ Henri Atlan também afirma que a desordem, assim como o ruído e o aleatório podem dar origem a estruturas organizadas. Segundo o autor, a: “[...] desordem, as oscilações, o ruído e o aleatório são levados em conta: não constituem o pano de fundo puramente negativo onde surgem a ordem, a organização e a vida. Doravante, o acaso, o ruído e os próprios processos da morte desempenham um papel positivo nos processos de vida, isto é, na organização, na aprendizagem e na maturação” (ATLAN, 1992, p. 47).

⁶⁶ O turbilhão de Bénard trata-se de um experimento que consiste no aquecimento de uma camada líquida desordenada que após certo tempo aquecida, começa a apresentar estruturas e aspectos ordenados.

⁶⁷ Inclusive Morin associa a ideia de calor ao surgimento de universo, e esse calor foi o que possibilitou o surgimento do mundo como o conhecemos. Para Morin: “O universo nasce no calor extremo, e o calor comporta em si as seguintes formas de desordem: agitação, turbulência, desigualdade dos processos, caráter aleatório das interações, dispersão. [...] As agitações e turbulências criam as condições para o reencontro (de partículas, de átomos), de dissociação (no centro da nuvem), e a morfogênese (das estrelas), e as turbulências renascem no coração das estrelas cujo fogo dá origem aos átomos” (MORIN, 2013, p. 68, 69).

A constituição de um núcleo de carbono exige a ligação de três núcleos de hélio em condições extraordinariamente improváveis de temperatura e encontro. Dois núcleos de hélio que se encontram fogem um do outro em menos de um milionésimo de segundo. Somente se, em um tempo tão breve, aparecer para este par um terceiro núcleo de hélio é que haverá uma ligação do par, ligando-se também a este último núcleo, constituindo assim a tríade estável do núcleo do carbono. *In abstracto*, o nascimento de um átomo de carbono só poderia resultar de um fabuloso acaso (MORIN, 2013, p. 76).

Dessa forma, o grande problema das ciências é que elas haviam excluído a ideia de desordem do mundo, partindo do princípio que havia uma ordem que reinava e era o papel do cientista descobrir essa ordem. Morin afirma que o mundo é composto por uma ordem, mas reduzir o mundo somente a ordem é incorreto. O mundo em si também é desordem, ou melhor dizendo, também é composto pela desordem. A desordem não é um conceito simples, ela por si só comporta diversas faces e tem que ser vista por todos os seus ângulos.

A desordem cria a ordem, e é papel das ciências desenvolverem um pensamento que não realize a redução do mundo a um desses conceitos. Para Morin:

A ideia simples de ordem eterna não saberia ser substituída por uma outra ideia simples, a da desordem. A verdadeira mensagem que nos trouxe a desordem, em sua viagem da termodinâmica a microfísica e da macrofísica aos cosmos, é de nos ordenar de partir em busca da complexidade. A evolução não pode mais ser uma ideia simples: progresso em ascensão. Ela deve ser ao mesmo tempo degradação e construção, dispersão e concentração (MORIN, 2013, p. 65).

A ordem e a desordem são conceitos antagônicos, mas ao mesmo tempo complementares, visto que um surge do outro e gera o outro. Entretanto, somente um pensamento que parte da complexidade e não da redução, pode ver ao mesmo tempo a complementaridade e o antagonismo desses conceitos. A ideia de ordem vista pela complexidade não se reduz a uma definição simples, uma definição que reforça as ideias de determinismo. A antiga ordem era vista a partir de uma ideia de “[...] ordem regular, constituída por leis invariantes, inspirada na Física Newtoniana e na ideia de existência de uma ordem natural mecânica e universal, exterior e anterior ao Homem” (SOARES, 2001, p. 111). O papel dos cientistas dentro do pensamento determinista era de que eles deveriam ser capazes de descrever matematicamente o funcionamento dessa ordem objetiva para compreender o funcionamento do universo.

A ordem vista a partir da complexidade contém a ordem vista pelo determinismo, que permitia que fossem criados cálculos matemáticos para o comportamento constante dos fenômenos, e também a ordem vista como determinação da realidade, ou seja, a ordem que os cientistas buscavam a partir dos seus próprios métodos. Para Morin, (MORIN, 2014, p. 197) há “[...] na ideia de ordem, eventual ou diversamente, as ideias de estabilidade, constância, regularidade, repetição; há a ideia de estrutura”, em outras palavras o conceito de ordem é complexo e é diferente do conceito simples apresentado pelo determinismo.

A ordem não é mais vista como algo universal, mas sim como algo que reside entre a desordem microfísica e a dispersão do universo. A ordem “[...] não é mais inalterável, mas degradável. Entretanto, se ela perde em absoluto, ela ganha em devir; ela é capaz de se desenvolver” (MORIN, 2013, p. 101). A ordem pode se desenvolver a partir da desordem e sua existência está relacionada a organização de um sistema, portanto, a ordem só pode existir a partir de uma série de interações.

Não existe mais uma única ordem, mas sim, uma série de ordens. A ordem já não pode mais ser considerada um conceito eterno, pois ela é construída a partir da desordem. A ordem a partir da complexidade está relacionada a sua própria organização dentro de um universo que possui uma série de ordens e desordens.

A ordem simples, vista como algo geral não pode ser justificada a partir do conceito complexo de ordem, pois a complexidade apresenta a ideia de que a ordem é um produto de singularidades, isto é, fruto de um universo que nasceu de uma singularidade, pois a ordem só começou a existir, por causa de um evento singular que possibilitou o seu próprio surgimento, dessa forma:

as condições genéticas são determinações ou imposições que fazem surgir a Ordem ao mesmo tempo que o Universo. As determinações/imposições vão se precisar e se multiplicar com a materialização, onde se fixam as possibilidades de interação entre partículas, que vão formar a base de processos físicos, entre eles os de organização (MORIN, 2013, p. 72).

Se a desordem é um dos fermentos que deu origem ao universo, então o conceito de ordem surge a partir da desordem. Mas, além disso, Morin afirma que a ordem cria a organização das coisas (um átomo, uma estrela, um sol são sistemas organizados). A organização é elemento essencial para entendermos a complexidade segundo Morin, e segundo ele:

Uma organização constitui e mantém um conjunto ou “todo” não redutível as partes, porque dispõe de qualidades emergentes e de coações próprias, e comporta retroação das qualidades emergentes do “todo” sobre as partes (MORIN, 2014, p. 198).

A organização ajuda a manter a ordem do sistema, e a ordem retroage (de forma cibernética) para que a organização continue intacta. Morin afirma então que existe uma interação entre: desordem → ordem → organização, sendo que dentro da organização pode haver desordem também, como no caso de um sistema vivo (ser vivo) que possui desregulações internas que se autorregulam procurando manter a ordem e a organização. A interação entre esses três termos dá-se através de um circuito solidário, sendo que “ao mesmo tempo em que a ordem e a desordem são complementares, elas são concorrentes e incertas e, [...] esta é a dialógica da complexidade” (SANTOS, 2009, p. 64).

A ideia de organização surge a partir dos estudos de Morin sobre a TGS, em que ele critica a ideia dos sistemas de não conceber a inter-relação dos elementos de um sistema sob suas formas organizacionais⁶⁸. A organização poderia ser entendida nos seguintes termos:

da disposição de relações entre componentes ou indivíduos, produzindo uma unidade complexa, garantindo tanto solidariedade relativa a estas ligações, como a possibilidade de duração, apesar de perturbações aleatórias (Estrada, 2009, p. 88).

A ordem e a organização ganham terreno no estudo científico em detrimento da desordem pelo fato de possuírem mais coesão, são mais estáveis, tem mais resistência e encontram-se mais facilmente visíveis do que os fenômenos desorganizados. Entretanto, como a ideia de ordem se torna geral, a desordem perde espaço na pesquisa científica e como já mencionamos ao falarmos de Bachelard⁶⁹, tudo que remete a desordem era considerado como erro.

As ideias conjugadas de desordem, ordem e organização apresentam uma maneira nova de compreendermos o universo em que vivemos, pois esses conceitos não eram conjugados na física clássica, sendo ainda que a desordem era expulsa

⁶⁸ Jean-Louis Le Moigne também critica a T.G.S por conceber os sistemas fora dos aspectos organizacionais e segundo ele: “As noções familiares de [...] relação, de interação não eram suficientes para darem conta desta propriedade fundamental de um sistema em geral: ele é dotado de uma organização, é organização, ao mesmo tempo organizada e organizante” (MOIGNE, 1977, p. 218).

⁶⁹ Confira pag. 58 do primeiro capítulo, tópico “1.2.3”.

do universo como um erro ou até mesmo um desconhecimento do cientista em relação ao mundo. A complexidade de Morin procura mostrar que esses conceitos permanecem unidos mesmo apesar de suas diferenças e de suas aparentes contradições. O universo deixado pela ciência clássica:

era um universo frio, gelado, de esferas celestes, de movimentos perpétuos, de ordem impecável, de medida e de equilíbrio. Precisamos trocá-lo por um universo quente, de nuvem ardente, de bolas de fogo, de movimentos irreversíveis, de ordem misturada à desordem, de gasto, de desperdício e de desequilíbrio. [...] As galáxias são produtos, momentos num devir contraditório. Formam-se, titubeiam, fogem umas das outras, chocam e dispersam-se. O antigo universo era reificado. Tudo o que existia participava duma essência ou duma substância eterna; tudo — ordem, matéria— era incriado e inalterável. O novo universo é desreificado. Não significa apenas que no universo tudo está em devir ou em transformação. Significa que está ao mesmo tempo, a todo o momento, em parto, em gênese, em decomposição. O antigo universo instalava-se nos conceitos claros e distintos do determinismo, da lei e do ser. O novo universo abala os conceitos, transborda-os, fá-los estalar, obriga os termos mais contraditórios a associarem-se, sem entretanto perderem as suas contradições [...] (MORIN, 2013, p. 85).

A relação complexa entre os termos de ordem, desordem e organização permite que pensemos um universo longe de qualquer simplicidade aparente postulada por um princípio reducionista (como o determinismo, por exemplo). A complexidade procura sempre estimular o pensamento na busca de uma explicação não-reducionista para os fenômenos físicos, assim também para os fenômenos biológicos, sociais, políticos e etc.

A ideia de desordem como vimos encontra sua inscrição dentro da própria constituição do universo, apresentando formas multifacetadas de compreensão. Entretanto Morin adverte que a ideia de ordem, desordem e organização encontram terreno também em outros campos fora da física, e que elas são essenciais para uma melhor compreensão dos fenômenos que nos rodeiam.

A própria ideia de átomo que carrega em si a ordem, a desordem e a organização, é o conceito chave, que segundo Morin, liga a as ciências físicas as biológicas e as sociais, pois:

O átomo é o tijolo com o qual o universo organizado é construído, suas ligações constituem os líquidos, os sólidos e os cristais; os edifícios de átomos diversos são as moléculas, a partir das quais se edificam as macromoléculas, e em seguida, em nossa Terra, as células vivas, os organismos, as sociedades, os humanos (MORIN, 2013, p. 82).

A partir da construção de um objeto que possui a sua própria organização (átomo) é que o universo conseguiu ir se montando de maneira organizada, entretanto é necessário lembrar que o próprio átomo possui em sua constituição elementos que agem de maneira desordenada, por se tratar de um objeto complexo. A organização originada pela desordem possibilitou o surgimento de entidades complexas dotadas de vida e que isso só foi possível graças ao grande número de desordenamentos dentro do universo.

Morin afirma que no universo em geral existem mais fenômenos desordenados do que organizados e que o surgimento de coisas organizadas no universo formam frutos de um grande número de dispersões. Utilizando a ideia da teoria da informação que afirma que a informação cria uma ilha de ordem dentro de um universo cheio de ruídos que poderiam prejudicar a mensagem, Morin afirma que a vida surge como uma ilha dentro de um universo que é corroído pela desordem a todo o momento. De acordo com Morin:

Seguramente, vê-se que a partir dum pequeno número de ilhotas se desenha uma evolução rumo a uma maior complexidade organizacional (constituição de macromoléculas, de aminoácidos), mas o quão minoritário nesta minoria de minorias? Sabe-se até que em um pequeno planeta de um pequeno sol periférico, surgiu uma forma organizada com uma complexidade extraordinária. Mas ela nasceu de um acaso quase que miraculoso: com efeito, nada sugere a existência duma outra vida no cosmo, tudo sugere que o seu nascimento tivesse sido um acontecimento único (visto que todos os seres vivos têm a mesma constituição molecular e organizam-se exatamente segundo o mesmo código genético). A vida propagou-se porque o acaso a dotou do poder de multiplicação dos cristais. A vida progrediu graças ao acaso das mutações genéticas (MORIN, 2013, p. 86).

Procuraremos apontar no próximo tópico a inscrição dos fenômenos biológicos, dentro do campo da física, e mostrar as relações entre a biologia e a física a partir do pensamento complexo de Morin, levando sempre em consideração as ideias chave de ordem, desordem e organização.

2.2.2 O pensamento complexo a partir dos fenômenos biológicos e antropossociais

A ordem surge no universo a partir dos encontros aleatórios propiciados por fenômenos desordenados. A ordem e a organização por serem fortes e estáveis conseguem resistir as desordens do universo e dessa forma a partir das interações

entre uma série de elementos organizados, como os átomos, por exemplo, é que complexidades mais desenvolvidas puderam surgir. A ordem:

encontra seu equilíbrio, digamos assim, depois que interações “fortes⁷⁰” tiverem soldado em um núcleo estável prótons e nêutrons; a partir daí, ela está pronta para se consolidar e se estender. Depois que interações eletromagnéticas ligam elétrons a núcleos, constituindo os átomos, estes se unem entre si constituindo moléculas. Desenvolvendo-se em ordem “química”, ela se torna cada vez mais flexível, múltipla, até o momento em que nascerá a ordem mais complexa que conhecemos: **a ordem biológica** (MORIN, 2013, p.102, grifo nosso).

Apresentamos no tópico sobre a auto-organização um aspecto do ser vivo de poder se auto-regular ou se auto-organizar, mantendo assim a ordem e a organização apesar de uma série de desordens que poderiam colocar em risco a sua organização.

A ideia de organização é essencial no trabalho de Morin, pois ela permite ao autor juntar conceitos e ideias que se encontram separados. A organização é essencial para fazermos as relações entre ciências que foram isoladas a partir de um pensamento reducionista. É a partir da ideia de um conceito organizacional que mostraremos a junção da física, da biologia e da antropossociologia.

O universo em seu surgimento pode ser pensado a partir de movimentos e de interações e a maioria das coisas existentes surgiram a partir das interações de diversos elementos. Para Morin (MORIN, 2013, p. 197), são os encontros, as agitações, que dão origem a organização.

A organização é um conceito enraizado no universo, assim como as ideias de ordem e desordem, e a organização de um determinado sistema permite a transformação de si próprio a partir de mudanças. A organização deve ser capaz de produzir e também de proibir certas coisas dentro de um sistema. A ideia de organização como produção é chamada por Morin de “organização ativa”. Trata-se de uma forma de organização peculiar que tem relações com seres que são capazes de gerar ação.

⁷⁰ Existem quatro interações fundamentais na natureza, e elas são responsáveis pelas interações entre os objetos que existem no universo, cada uma agindo de uma maneira diferente. As quatro interações fundamentais da natureza são: “gravitacional, eletromagnética, forte e fraca. Cada uma delas devida a uma propriedade fundamental da matéria: massa no caso gravitacional, carga elétrica na interação eletromagnética, cor na interação forte (quarks) e no caso da interação fraca uma propriedade chamada carga fraca” (MOREIRA, 2006, p. 168).

O termo “ação” é analisado por Morin a partir do ponto de vista organizacional e, dessa forma, podemos entender que alguns seres puramente físicos como os sóis e estrelas que são seres que de algum modo ajudaram no desenvolvimento organizacional do universo, podem ser comparados com outros tipos de seres vivos que por si só também geram ação, visto que possuem uma organização resistente as desordens e as degradações. A ideia de ação entendida do ponto de vista organizacional “[...] vai rebocar de si próprio uma primeira constelação de noções: práxis, trabalho, transformação, produção⁷¹” (MORIN, 2013, p. 198).

Além de trazer esses conceitos, Morin afirma que todos eles se referem a ideia de “máquina”, uma vez que essa ideia permite estabelecer relações entre os seres puramente físicos com os biológicos e também os sociais.

A ideia de máquina utilizada por Morin não se reduz a concepção de máquina como objeto que recebe comandos e é criada pelos homens com objetivos específicos⁷². A máquina apresentada por Morin refere-se a todos os seres que através de sua organização podem gerar mais organização através da ação.

A organização de uma máquina permite que ela produza organizações diferentes dela mesma. Na concepção de Morin, “produzir significa [...] conduzir ao ser ou a existência” (MORIN, 2013, p. 200). Em outros termos, a produção pode ser encarada como o processo que dá origem ou cria alguma coisa. A ideia de produção era vista apenas dentro dos processos de produções das fábricas, em que os trabalhadores criavam produziam os produtos a fim de que eles fossem apenas retirados pelos compradores, mas, na concepção da complexidade, esse termo tem relação com os aspectos organizacionais de um sistema que permitem que ele seja produtor de outros sistemas.

A ideia de transformação também é importante para entendermos a definição de ser-máquina, pois a máquina é “[...] toda entidade natural, ou artificial,

⁷¹ Todos esses conceitos dizem respeito somente a seres que possuem organização e que a partir disso geram ações que criam outras organizações. Encontros aleatórios e ao acaso não possuem essas qualidades, visto que não possuem nada que os organize para permanecer em ação.

⁷² Essa é a máquina artificial, que segundo Morin (MORIN, 2013, p. 304) é o modelo das máquinas clássicas da cibernética. Morin apresenta elogios a esse conceito, mas ao mesmo tempo os critica, afirmando que reduzir o termo “máquina” aos modelos artificiais é simplificar um termo que pode ser pensado em acepções totalmente diferentes e diversas. Como veremos, a “máquina” na acepção tratada por Morin, vai dos artefatos, ao Sol, aos seres vivos e também as megamáquinas que são as sociedades.

cuja atividade comporta trabalho, transformação, produção. A máquina produz organizado e organizador a partir do não organizado [...]” (MORIN, 2012, p. 303).

Para Morin, quando se pensa a transformação longe da ideia de organização, tem-se um conceito reduzido e fragmentado. A ideia complexa de transformação carrega em si a ideia de que um sistema organizado está em constante mudança e metamorfose, e que essas mudanças fazem com que o sistema se organize de forma diferente e que, por conseguinte crie “[...] uma grande diversidade de ações, processos, fenômenos, coisas, seres. Ela desemboca no desenvolvimento da variedade e da novidade no universo⁷³” (MORIN, 2013, p. 201).

A máquina para ser entendida como um objeto do mundo físico tem que ser diferenciada da ideia de máquina artificial criada pela cibernética. A máquina só pode ser vista como um objeto físico quando conjugada com a ideia de organização ativa e, dessa forma, o conceito de máquina:

nos leva ao coração das estrelas, dos seres vivos, das sociedades humanas. É um conceito solar; é um conceito de vida. As ideias-chave de trabalho, práxis, produção, transformação, atravessam a physis, a biologia, e vêm fermentar no coração das nossas sociedades contemporâneas (MORIN, 2013, p. 203).

Um primeiro exemplo de ser-máquina são os sóis, visto que eles carregam em si ações provenientes de sua organização, e geram outros tipos de organizações. Os sóis:

são seres-máquinas que a cosmogênese fez florescer em bilhões. São máquinas-motores a fogo e em fogo. Motores nucleares, elas transformam o potencial gravitacional em energia térmica. Máquinas ferreiras, elas produzem, a partir do menos organizado (núcleos e átomos leves), o mais organizado, ou seja, os átomos mais pesados, entre os quais o carbono, o oxigênio, os metais. [...] Os sóis são então seres plenamente físicos e organizadores. Eles são dotados de propriedades ao mesmo tempo ordenadoras, produtoras, fabricativas, criadoras. Elas são muito mais do que os centros uma máquina precisa constituída de planetas. São, ao mesmo tempo, os motores mais arcaicos, as máquinas mais arcaicas e os sistemas reguladores mais arcaicos. Eles permanecem os maiores distribuidores de energia conhecidos, os mais avançados de todos os reatores nucleares conhecidos, os maiores fornos de transmutações conhecidos, as mais grandiosas de todas as máquinas conhecidas [...] (MORIN, 2013, p. 204, 205).

⁷³ Dessa forma a ideia de máquina tem a ver com a capacidade de algo ser criado a partir da desordem através de algum tipo de trabalho.

Os sóis ilustram bem a ideia de ser-máquina, pois eles carregam em si as ideias de trabalho, de transformação e de organização. Outro exemplo de ser-máquina mais complexo que o sol são as máquinas-vivas que possuem o poder de produção e também de reprodução. O ser vivo pode ser concebido desde o “[...] unicelular ao animal e ao homem, simultaneamente como motor térmico e como máquina química, produzindo todos os materiais, todos os complexos, todos os órgãos, todos os dispositivos, todas as performances, todas as emergências [...]” (MORIN, 2013, p. 209) para a manutenção da vida.

A concepção de ser vivo como máquina só é possível através do exame organizacional de suas ações, transformações, produções e etc. O ser vivo tem a capacidade inclusive de gerar a si próprio através dos processos de auto-organização e, além disso, pode ser visto como um ser complexo a partir de suas características de indivíduo e de ser relacionado a uma espécie.

A ideia de individualidade e de espécie “[...] apresenta-se-nos de modo não menos paradoxal do que a matéria microfísica, que ora parece de natureza contínua – ondulatória – ora de natureza descontínua – corpuscular” (MORIN, 2011b, p. 133). A relação indivíduo/espécie é um dos problemas que levaram Morin a desenvolver a teoria da complexidade, pois ele não acreditava que um dos dois termos possuía mais realidade que o outro, ou que aceitando um o outro deveria ser automaticamente eliminado.

Não entraremos na discussão relacionada ao problema indivíduo/espécie, entretanto, é interessante saber que ambas as questões podem ser tratadas a partir do ponto de vista organizacional. Ao pensarmos a espécie, a organização viva manifesta-se a partir da reprodução dos indivíduos que ajudam a perpetuar a espécie.

No caso do indivíduo podemos entender a organização viva como o elemento fundamental para que o indivíduo se reconheça como si próprio, diferenciando-se de qualquer outro ser máquina que exista no universo. O organismo vivo tem a capacidade de produzir características que o diferenciam de qualquer outro ser-máquina existente.

Como apontamos em tópicos anteriores sobre a questão da auto-organização, o ser vivo existe e funciona na desordem, enquanto a máquina artificial não pode viver em desordem; o ser vivo vive produz a si mesmo, enquanto a

máquina não se produz; o ser vivo se organiza espontaneamente, enquanto a máquina não.

A Ideia de organização ativa permite pensarmos em conjunto as ideias da física com a biologia, pelo fato do indivíduo ser uma máquina que tem seus constituintes enraizados na *physis*⁷⁴, e também por ser uma máquina que se organiza, fazendo desse modo com que a vida emergja dessa ação.

Entretanto o conceito de máquina não se refere apenas aos seres artificiais e aos biológicos, ele diz respeito também aos seres sociais. Ao comparar a ideia de máquina com as sociedades, Morin revela o caráter simplificador do conceito de máquina artificial, visto que está última é apenas uma pequena parte de uma “megamáquina social”⁷⁵.

Morin faz uma análise da sociedade a partir de um ponto de vista histórico, e afirma que dois tipos de sociedade, as arcaicas e as históricas, são importantes para a compreensão do porque a sociedade poder ser considerada uma megamáquina.

Nas sociedades arcaicas:

A cultura aparece. Memória generativa depositária das regras de organização social, ela é fonte reprodutiva dos saberes, competências, programas de comportamento, e a linguagem conceitual permite uma comunicação em princípio ilimitada entre indivíduos membros de uma mesma sociedade (MORIN, 2013, p. 210).

O grande advento das sociedades arcaicas⁷⁶ foi a criação da linguagem, que possibilitou o desenvolvimento da sociedade, visto que os indivíduos podiam se comunicar e dialogar para poderem viver em grupos. A linguagem⁷⁷ para Morin também é uma máquina, visto que ela possui a capacidade de gerar organização

⁷⁴ Morin usa o termo *physis* na seguinte acepção: “[...] significado de fonte originária, gênese de todas as coisas, realidade subjacente às experiências, princípio de tudo o que vem a ser, algo fundamental presente em tudo o que ocorre; não somente a natureza concreta e objetiva, mas também seu componente psíquico e espiritual, conceito mais abrangente que o atual de natureza” (QUARANTA, 2008, p. 48).

⁷⁵ Para Morin: A máquina artificial é “ [...] uma produção tardia, uma porção integrada e integrante da megamáquina social; ela não pode mais ser considerada como a máquina matricial, o modelo ideal de todas as máquinas” (MORIN, 2013, p. 212).

⁷⁶ Pelo termo arcaico Morin entende o seguinte: “Denominaremos sociedade arcaica a característica da pré-história sapiencial. O termo *arkhe* significa princípio, fundamento, origem” (MORIN, 2005, p. 177).

⁷⁷ A linguagem para Morin é um sistema que possui significado dentro do contexto cultural que ela foi desenvolvida. Sem falar que a linguagem ajuda no desenvolvimento social e o desenvolvimento da sociedade possibilita uma mudança na linguagem utilizada. Nós “precisamos pensar circularmente que a sociedade faz a linguagem que a faz, que o homem faz a linguagem que o faz e fala a linguagem que o exprime” (MORIN, 2011c, p. 200).

através de comandos e de informações. A “[...] máquina da linguagem produz palavras, enunciados, sentido, que por sua vez se engrenam na práxis antropossocial, provocando aí eventualmente ações [...]” (MORIN, 2013, p. 210) e transformações.

A linguagem faz parte da sociedade ajudando no desenvolvimento desta, e esta por sua vez pode desenvolver e modificar a linguagem. Tanto a linguagem quanto a sociedade são sistemas e dessa forma são complexos. A sociedade é formada pelos indivíduos, e ela é uma qualidade emergente da interação entre os indivíduos, interação essa por sua vez realizada por meios linguísticos. A sociedade é uma “[...] unidade complexa, dotada de qualidades emergentes, retroage sobre as suas partes individuais fornecendo-lhes a sua cultura” (MORIN, 2012, p.163).

Morin afirma que as sociedades arcaicas foram aniquiladas pelas sociedades históricas (as que possuíam o Estado), entretanto, as sociedades históricas ainda possuíam o núcleo principal das sociedades arcaicas, que era o aspecto gerador/regenerador da cultura.

A cultura é algo emergente das sociedades e ela por sua vez fornece as características individuais de cada sociedade, isto é, ela diferencia uma sociedade da outra através das religiões, da linguagem, da política, dos rituais e etc. Morin faz uma comparação da transmissão cultural da sociedade com a transmissão genética de cada indivíduo vivo, sendo que:

O patrimônio hereditário dos indivíduos está inscrito no código genético; o patrimônio cultural herdado está inscrito, primeiro na memória dos indivíduos (cultura oral), depois, escrito nas leis, no direito, nos textos sagrados, na literatura e nas artes. [...] Constitui o equivalente a um *Genos* sociológico, ou seja, um registro/programa garantindo a regeneração permanente da complexidade social. (MORIN, 2012, p. 165, grifo do autor)

A cultura é transmitida de geração em geral, e ela também é responsável por fazer com que a sociedade se organize. A cultura permite a criação de regras para a sociedade, fazendo com que os indivíduos se organizem a partir dos elementos culturais de cada sociedade.

A cultura pode ser analisada a partir do ponto de vista dos sistemas, sendo que Morin afirma que ela pode ser fechada ou aberta: a cultura de uma determinada sociedade se fecha “[...] em relação ao seu capital identitário e mitológico singular, que protege pela sacralidade e pelo tabu” (MORIN, 2012, p. 165), isto é, ela se fecha

pra manter a sua identidade; ela é aberta no sentido em que ela faz com que os indivíduos ajam conforme as regras ditadas por ela, e também, ela se “[...] abre para incorporar um aperfeiçoamento, uma inovação técnica, um saber externo (se não contradizem uma convicção ou um tabu)” (MORIN, 2012, p. 166).

Os indivíduos de cada sociedade estão imersos na cultura de seu povo desde o seu nascimento, e se desenvolvem conforme as regras impostas por cada sociedade. A sociedade em relação ao indivíduo pode tanto desenvolver quanto reprimir as capacidades individuais de cada indivíduo. Cada cultura,

pela influência precoce, pelas interdições, pelos imperativos, pelo sistema de educação, pelo regime alimentar, pelos modelos de comportamento, recalca, inibe, favorece, estimula, determina a expressão das aptidões individuais, exerce seus efeitos sobre o funcionamento cerebral [...] interferindo para coorganizar, controlar e civilizar o conjunto da personalidade. Assim, a cultura submete o indivíduo e, ao mesmo tempo, o autonomiza (MORIN, 2012, p. 166).

A cultura foi então fundamental para a organização dos indivíduos em sociedade⁷⁸, de modo a fazer aumentar a complexidade individual, assim como a complexidade social. A relação indivíduo/sociedade também é complexa e possui três princípios (dialógico, recursivo e hologramático) que são essenciais para a compreensão das interações entre os elementos (indivíduos) e o todo (sociedade).

Para Morin, esses três princípios ajudam a pensar a complexidade, assim como pensar os problemas complexos nos campos da física, da biologia e da antropossociologia.

1º) O princípio dialógico “[...] quer dizer que duas lógicas, dois princípios, estão unidos sem que a dualidade se perca nessa unidade: [...] desse modo, o homem é um ser unidual, totalmente biológico e totalmente cultural a um só tempo” (MORIN, 2014, 189). O princípio dialógico nos ajuda a pensar a relação entre sociedade/indivíduo mostrando que os dois termos são complementares e ao mesmo tempo antagônicos. A complementaridade está ligada à ideia de que não existe sociedade sem indivíduos e “[...] não há indivíduos propriamente humanos, dotados [...] de linguagem, de cultura, sem sociedade” (MORIN, 2012, p. 167). O aspecto antagônico por sua vez está ligado as características individuais de cada pessoa que não são aceitos pelas regras sociais, assim como as regras impostas

⁷⁸ Em um processo retroativo, a cultura ajudou os indivíduos a se organizarem socialmente, assim como a sociedade ajudou no desenvolvimento da cultura.

pela sociedade que não são aceitas pelo indivíduo. Dessa forma, o termo dialógico tem a função de juntar duas ideias opostas, revelando as suas semelhanças e também as suas diferenças.

2º) No princípio recursivo “[...] Porque a idéia de recursão, no sentido que eu uso, indica um processo cujos efeitos ou produtos se tornam produtores e causas” (MORIN, 2014, p. 61) . Este princípio é o mesmo que o do feedback e é retirado da cibernética para que possamos compreender a relação entre indivíduo e sociedade. As interações entre os indivíduos criam a sociedade e essa por sua vez retroage sobre os indivíduos através de normas. A sociedade controla e regula as interações entre os indivíduos e essas interações fazem com que a sociedade consiga dar continuidade a sua existência. Para Morin:

Se não houvesse a sociedade e sua cultura, uma linguagem, uma saber adquirido, não seríamos indivíduos humanos. Ou seja, os indivíduos produzem a sociedade que produz os indivíduos. Somos ao mesmo tempo produtos e produtores (MORIN, 2011a, p. 74).

O surgimento da cultura e da sociedade também está ligada ao desenvolvimento do aparelho cerebral dos indivíduos, que por sua vez, é estimulado pela cultura e pela sociedade. A inteligência ajuda no desenvolvimento social e cultural cada vez maior e a cultura e a sociedade permitem o desenvolvimento da inteligência dos indivíduos.

3º) O princípio hologramático afirma que um todo encontra-se inscrito nas partes que o constituem, ou seja, o todo está nas partes e não apenas a parte estaria dentro de um todo. O princípio hologramático pode ser pensado tanto nas áreas da biologia quanto na da sociologia. Por exemplo: “[...] nós temos esse tipo de organização nos nossos organismos biológicos; cada uma de nossas células, até mesmo a mais modesta célula da epiderme, contém a informação genética do ser global” (MORIN, 2014, p. 181).

Dentro do ponto de vista sociológico o princípio hologramático se encaixa a partir do momento em que pensamos que a sociedade encontra-se inscrita no indivíduo desde o seu nascimento. Para Morin, a sociedade (MORIN, 2011a, p. 74): “[...] enquanto todo, entra em nós, inicialmente através das primeiras interdições e das primeiras injunções familiares: de higiene, de sujeira, de polidez e depois as injunções da escola, da língua, da cultura”.

Essas são algumas características apresentadas por Morin das sociedades de tipo arcaico, e que podemos notar, ainda se encontram inscritas nas sociedades posteriores a esse tipo de organização. Cabe ainda notar que o princípio hologramático integra em si os dois primeiros princípios, visto que a ideia de recursividade e dialógica aparecem inscritas nas relações entre a parte e o todo, sejam no âmbito social, assim como também no campo da biologia.

As sociedades históricas⁷⁹, que são posteriores às sociedades arcaicas, apresentam mais ideias que nos ajudam a compreender a complexidade de Morin no âmbito social. As sociedades históricas se caracterizam pelo surgimento do Estado⁸⁰, sendo elas por sua vez o modelo para a maioria das sociedades dos tempos atuais.

O surgimento do Estado, para Morin (MORIN, 2012, p. 178), representa uma mudança significativa em relação a organização das sociedades arcaicas, pelo fato dele representar o centro de controle da sociedade, em que as leis e as normas que os indivíduos devem cumprir ou de como a sociedade deve se organizar são passadas de maneira informacional do Estado para os indivíduos ou para os órgãos⁸¹ que fiscalizam o cumprimento ou não dessas leis.

Morin faz uma análise do controle do Estado a partir da cibernética, isto é, ele afirma que é através da noção de “aparelho” que podemos entender como o Estado impõe e faz cumprir a suas ordens. Além disso a noção de aparelho é essencial para entendermos como a sociedade pode se encaixar dentro do ponto de vista da física e até mesmo da biologia.

Primeiramente a ideia de “aparelho” refere-se simplesmente as máquinas artificiais, tratando-se especificamente da informação emitida por um centro de

⁷⁹ Além de se caracterizarem por serem sociedades com Estado, uma das diferenças essenciais entre as sociedades históricas e as sociedades arcaicas é que as sociedades históricas comportam milhões de indivíduos vivendo dentro de um sistema político, enquanto as sociedades arcaicas eram frequentemente formadas por pequenos grupos que se diferenciavam um dos outros pela cultura.

⁸⁰ Morin faz uma análise do Estado a partir de duas organizações: o império e a cidade. Referente ao império, Morin pensa a partir das configurações dos Estados imperiais da “[...] Suméria, Egito, Assíria, impérios chinês, persa, romano, asteca, inca.” (MORIN, 2012, p. 176, 177); Quando Morin trata das cidades, ele se refere as cidades que trabalhavam com a ideia de democracia, como Atenas do séc.V a.C. por exemplo.

⁸¹ Esses órgãos são chamados por Morin de “aparelhos”, e eles aplicam as ordens e impõem o poder coercitivo do Estado. Esses aparelhos podem ser religiosos, policiais ou militares. Os aparelhos religiosos sacralizam o poder do Estado. “O Estado utiliza deus ou os deuses como meios de impor seu próprio culto. Daí o caráter teocrático dos grandes impérios da antiguidade [...]” (MORIN, 2012, p. 178); Os aparelhos policiais ou militares “[...] estes aplicam as ordens e impõem o poder coercitivo (repressão, prisão, pena de morte) do Estado” (MORIN, 2012, p. 178).

comando que daria as ordens ou guiaria o comportamento das máquinas artificiais. Morin define a ideia de aparelho como:

o arranjo original que, em uma organização comunicacional, liga o tratamento da informação⁸² às ações e operações. Desta maneira, o aparelho dispõe do poder de transformar a informação em programa, ou seja, em imposição organizacional. (MORIN, 2013, p. 292)

Destacamos que a informação é capaz de produzir ordem, mesmo dentro de um ambiente que tende a desordem, como no caso da termodinâmica que o demônio dentro da caixa consegue gerar ordem trocando energia com o ambiente, ou como no caso da cibernética que a informação gera “ilhas” de ordem mesmo dentro de um universo regido pelo segundo princípio da termodinâmica.

Se o aparelho trata a informação no mesmo molde dos sistemas cibernéticos, então ele também é capaz de gerar ordem e organização mesmo a partir das desordens do ambiente. Morin utiliza a ideia de aparelho sem ater-se somente ao campo das máquinas artificiais, mostrando que a sociedade, assim como o ser vivo também são máquinas e, portanto podem servir-se desse conceito.

Para Morin, o Estado⁸³ é “o Aparelho dos aparelhos, que concentra em si o aparelho administrativo, o aparelho militar, o aparelho religioso e, em seguida, o aparelho policial” (MORIN, 2013, p. 302). Todos esses aparelhos menores servem para ajudar o estado a se organizar com base nas regras e leis impostas pelo Aparelho estatal. O Estado impõe suas regras e suas leis aos indivíduos, mas apesar disso o Aparelho estatal pode tanto dominar quanto emancipar os indivíduos que o constituem.

Os impérios antigos utilizavam a mão de obra escrava para a construção de templos sagrados, pirâmides, para desenvolver a agricultura e dessa forma elas

⁸² Morin faz a seguinte afirmação a cerca da informação: “A informação parece reger matéria e energia. Mas esta noção parece suprafísica: a informação não é localizável materialmente, como a massa e a energia; ela não tem dimensão: o que ela é então? A primeira virtude da teoria shannoniana é dar à noção de informação um estatuto físico total (seu primeiro sendo vício a incapacidade de conceber as características antropossociais da informação.)” (MORIN, 2013, p. 371).

⁸³ O Estado dentro das sociedades históricas é quem organiza milhares de pessoas para viver em sociedade, através da ordem imposta por regras e leis. Dentro das sociedades arcaicas, o número de pessoas que viviam em grupos era muito menos que os das sociedades históricas, e eles se organizavam a partir dos aspectos culturais de seus grupos, além disso, Morin afirma que: “As sociedades humanas funcionaram durante dezenas de milhares de anos sem aparelho de Estado, de modo quase acentrado, em função das normas/regras culturais gravadas em cada indivíduo; o poder de comando, de controle, de decisão era eventualmente colegial (assembleia de velhos), policéfalo (partilhado entre chefe de guerra, árbitro civil, feiticeiro/mago), revogável” (MORIN, 2011b, p. 356).

dominavam tanto os homens quanto o meio ambiente onde o império existia. A sociedade cria ferramentas técnicas de domínio da natureza, mas o instrumento principal era, sobretudo a “[...] subjugação em massa dos seres humanos. O aparelho de estado inventou essa sujeição pela utilização do trabalho forçado e das suas serventias” (MORIN, 2012, p. 178).

Por outro lado, o Estado também permite a realização de um aspecto emancipador dos indivíduos. O Estado que domina é o mesmo estado que civiliza os homens. O Estado através do uso legítimo da violência pode fazer com que reine a paz e a ordem entre milhares de indivíduos. O Estado associa:

pela coerção, populações heterogêneas de milhões de indivíduos, estabelece uma sociedade comportando uma enorme variedade de etnias e, assim, traz a complexidade que faz emergir todas as associações de diversidade numa unidade (MORIN, 2012, p. 181).

A sociedade é formada por indivíduos que possuem características físicas e ideológicas distintas e dessa forma, a sociedade é formada por uma pluralidade de ideias, pensamentos, crenças e isso faz com que o Estado se torne culturalmente mais rico devido a junção de diferentes tipos de pensamentos. Um Estado formado por uma pluralidade de indivíduos fermenta um maior crescimento cultural e dessa forma, desenvolve de maneira mais rica o pensamento e as ideias dentro de uma sociedade. As sociedades que possuem estado “[...] dotam-se rapidamente de escrita, desenvolvem ciências e conhecimentos em vários campos, permitem o desabrochar do pensamento, das artes e das técnicas” (MORIN, 2012, p. 182).

Ambas as sociedades arcaicas como as sociedades históricas, possuem aspectos emancipadores e dominadores. E dessa forma, esses aspectos são responsáveis pelas criações, mudanças, práxis, transformações e das ações em gerais. A ação é um aspecto que permite que consideremos a sociedade como uma espécie de máquina, pelo fato da ação gerar trabalho e uma série de mudanças a partir do momento que a sociedade começou a surgir. Para Morin:

a megamáquina antropossocial é formada e desenvolvida na e pela dominação generalizada dos seres humanos. A dominação dos homens surge neste momento crucial. A entrada da humanidade na história é a entrada do Estado dominador no coração das sociedades (MORIN, 2013, p. 302).

O aspecto maquinal do Estado tem a ver com a emancipação e a dominação dos seus indivíduos. Com a emancipação, o Estado permite o desenvolvimento da cultura, da linguagem e de todos os instrumentos que fizeram com que o homem se diferenciasse ainda mais dos outros seres vivos. A emancipação também permitiu que o homem se reconhecesse como ser individual e coletivo, visto que a sociedade abriga milhares de pessoas que possuem semelhança enquanto partes de uma mesma espécie, e que passam a reconhecer as suas diferenças, enquanto seres individuais. A dominação pelo Estado possibilitou que ficasse à sua disposição:

com a força de trabalho de miríades de dominados ou subjugados, de uma formidável energia que utiliza para realizar obras gigantescas capazes de otimizar o próprio funcionamento dela; construção de estradas, de canais, irrigação. Ela estimulou a invenção de dispositivos técnicos e de máquinas artificiais para aumentar a sua potência (MORIN, 2012, p. 184).

O Estado não utiliza a força física dos homens apenas para a construção de obras que visassem a proteção e o desenvolvimento da cidade, o Estado também realizava a construção de imensas obras destinadas ao culto de deuses e para mostrar a superioridade do Estado. O Estado utiliza:

a força real que possui para materializar o seu imaginário. Lança a megamáquina contra a morte e a desafia com os milhares de soldados petrificados protegendo a tumba escondida do imperador Qi Shihuangdi ou as titanescas pirâmides faraônicas (MORIN, 2012, p. 184).

Morin (MORIN, 2012, p. 185) inclusive ressalta que os grandes Estados da atualidade, por mais que se pautem em modelos democráticos, ainda utilizam a técnica, a ciência e tudo aquilo trazido pelo desenvolvimento industrial para subjugar e dominar outras sociedades, assim também como dominar a própria natureza.

Dessa forma o surgimento do Estado que ajudou a organizar a sociedade, possibilitou uma série de novidades, de criações, de desenvolvimentos, que possibilitaram ao homem conhecer tanto a si mesmo quanto o universo que o rodeia. A sociedade, assim como o Estado, os indivíduos e tudo aquilo que é produzido por suas junções é complexo. Foi através do agrupamento do homem em sociedade que a ciência pôde se desenvolver, e Morin ressalta que: “A ciência é igualmente complexa porque é inseparável de seu contexto histórico e social” (MORIN, 2014, p. 8).

Nesse tópico pudemos observar uma diferença significativa entre os campos de estudo de Bachelard e Morin, pois o primeiro trabalha com a complexidade dentro do campo das ciências física, químicas e matemáticas, enquanto Morin expande a complexidade aos campos da biologia e da antropossociologia.

Após havermos apresentado algumas ideias sobre a complexidade de Morin sobre a física, a biologia e a antropossociologia, procuraremos agora mostrar a ligação entre esses campos, buscando também apresentar que essa ligação só pode ser realizada através do desdobramento das ideias simples de outras disciplinas.

2.2.3 A ligação conceitual entre Física, Biologia e Antropossociologia

Desde o início desse capítulo, buscamos justificar que diversas disciplinas foram fundamentais para Morin elaborar seu pensamento sobre a complexidade. Especificamente, afirmamos que a teoria da informação, a cibernética, a teoria geral dos sistemas, a auto-organização e também algumas áreas da física, como a termodinâmica, por exemplo, ajudariam-nos a compreender melhor a complexidade a partir do ponto de vista de Morin.

São necessárias as junções de várias disciplinas e do empréstimo de vários conceitos dessas disciplinas para elaborar uma teoria que vise compreender a complexidade dos fenômenos. Segundo Minayo (MINAYO, 2010, p. 436), “[...] a interdisciplinaridade constitui uma articulação de várias disciplinas em que o foco é o objeto, o problema ou o tema complexo, para o qual não basta a resposta de uma área só”. Dessa forma, foi necessária a junção e o conhecimento de diversas áreas para estudar um único objeto, que é a complexidade. Lembrando que a complexidade não é um objeto simples que pode ser analisado e reduzido a uma única definição.

A complexidade não reside somente nos objetos estudados pelas diversas disciplinas, mas reside também nas relações entre essas disciplinas. Vimos que um dos propósitos da TGS era o de integrar as disciplinas dentro da ideia que todas elas lidavam com sistemas.

Morin critica a TGS pelo fato dela reduzir tudo a ideia de sistema, sem perceber que o termo sistema é por si próprio um termo simplificado. Para Morin, um sistema não é apenas um simples sistema, mas sim um sistema complexo:

não podemos mais considerar um sistema complexo segundo a alternativa do reducionismo (que quer compreender o todo partindo só das qualidades das partes) ou do "holismo", que não é menos simplificador e que negligencia as partes para compreender o todo (MORIN, 2014, p. 181).

Tanto o reducionismo quanto o holismo⁸⁴ são incapazes de especificar a ideia de complexidade, visto que as duas remetem a formas de simplificação. Se analisássemos o homem a partir do reducionismo, daríamos preferência em estudar as suas partes isoladas, se estudássemos a sociedade a partir desse viés, apenas estudaríamos os indivíduos que constituem a sociedade. Se estudássemos o homem a partir do holismo, veríamos apenas o homem no seu aspecto completo, sem analisar aquilo que o constitui, se analisássemos apenas a sociedade, veríamos somente a sociedade sem levar em conta os indivíduos.

A teoria da complexidade visa sempre considerar as interações entre as partes e todo de um sistema a partir de um ponto de vista organizacional, isto é, sem reduzir o todo a parte, ou a parte ao todo. O todo “[...] é muito mais do que a forma global. Ele é dotado de [...] qualidades emergentes. Ele é ainda mais: o todo retroage enquanto todo (totalidade organizada) sobre as partes” (MORIN, 2013, p. 160).

Vimos que a sociedade é um sistema complexo emergente da junção de indivíduos que retroagem entre si. O todo (no caso de um Estado totalitário) pode reprimir os indivíduos que o criam, e dessa forma, o todo impede que algumas qualidades dos indivíduos possam emergir. Dessa forma, o todo, torna-se menos que a soma das suas partes, visto que não permite que os indivíduos potencializem as suas capacidades ideológicas, culturais, trabalhadoras.

De maneira geral, Morin afirma que:

- *O todo é mais do que a soma das partes* (princípio bem explícito e, aliás, intuitivamente reconhecido em todos os níveis macroscópicos), visto que em seu nível surgem não só uma macrounidade, mas também *emergências*, que são qualidades/propriedades novas.
- *O todo é menos do que a soma das partes* (porque elas, sob o efeito das coações resultantes da organização do todo, perdem ou vêem inibirem-se algumas das suas qualidades ou propriedades).
- *O todo é mais do que o todo*, porque o todo enquanto todo retroage sobre as partes, que, por sua vez, retroagem sobre o todo (por outras

⁸⁴ Segundo Mariotti: “Por "holismo" compreendo o ponto de vista oposto, que se opõe à abordagem cartesiana e estuda o todo sem dividi-lo, ou seja, examina-o de modo sistêmico” (MARIOTTI, 2003, p. 1).

palavras, o todo é mais do que uma realidade global, é um dinamismo organizacional) (MORIN, 2014, p. 261).

Essas são algumas características gerais das relações entre os componentes de um sistema e o sistema na sua totalidade. Dessa forma, um sistema não pode ser definido apenas do ponto de vista que o todo emerge das somas das partes, pois, isso escamotearia a ideia de que o todo também retroage sobre as partes inibindo algumas características delas.

A ideia de sistema utilizada apenas no aspecto holista, é uma forma simplificada, que não permite que pensemos essa ideia em outros aspectos. Para que Morin pudesse se servir do termo sistema, ele teve que complexificar o seu uso. Para Morin, “o sistema não é uma palavra-chave para a totalidade; é uma palavra-raiz para a complexidade” (MORIN, 2014, p. 274). Complexificar é o mesmo que desdobrar uma ideia simples. Morin faz isso com conceitos trazidos de outras áreas, como a informação, a retroação, a auto-organização, a ideia de máquina e de aparelho.

Não é possível partir de uma ideia simples para tentar unificar áreas do conhecimento que possuem métodos de pesquisa e objetos de estudo tão diferentes como a física, a biologia e a sociologia. É somente através de termos complexos que podemos pensar em uma junção entre disciplinas tão diferentes.

Quando pensamos nas ideias de máquina e aparelho, recorremos a conceitos trazidos pela cibernética, que Morin utiliza além do pensamento das máquinas puramente artificiais. É através da complexificação desses conceitos que podemos pensar em uma articulação entre a junção das disciplinas isoladas. Para Morin:

A noção de máquina só pôde se elaborar a partir de uma noção relevante de práxis antropossocial, que foi preciso isolar fisicamente, para introduzi-la e fazê-la viajar na physis e no cosmos, mas foi preciso reintegrá-la socialmente para não cair no erro ontológico irremediável: fazer da máquina artefato o arquétipo de todos os seres-máquinas (MORIN, 2013, p. 331).

Partir da ideia de que a máquina e o aparelho se reduzem apenas as máquinas artificiais é simplificar os dois conceitos. A teoria de Morin visa servir-se desses conceitos com o intuito de mostrar a riqueza deles, e apontar a utilidade desses conceitos em campos de pesquisas diferentes dos quais eles foram originados.

A ideia de máquina e aparelho nos ajudam então a pensar a capacidade dos sistemas físicos, biológicos e sociais a se organizarem ativamente, isto é, desenvolvendo ações, transformações, mudanças e criações a partir das desordens e das perturbações. A physis possui as primeiras máquinas (sóis, estrelas) que propiciam as condições necessárias para o surgimento da vida, os próprios seres que possuem vida são máquinas, visto que geram energia, calor, trabalho e que dentro de uma sociedade que também é uma máquina, podem criar cultura, técnica e ciência. De acordo com Morin: “A teoria da organização ativa ou dos seres-máquinas cobre então os impérios da física, da biologia, da antropossociologia, entre os quais permanece ainda proibida, porque inconcebível, toda teorização comum, e de todo jeito redutora” (MORIN, 2013, p. 332).

A redução do termo máquina somente às máquinas artificiais é um desafio que o pensamento complexo tem que superar para poder entender esse conceito como central nas articulações entre física, biologia e antropossociologia. Trata-se também de:

conceber os conceitos físicos de máquina, produto, trabalho, etc., como conceitos que emanam de nossa própria cultura e que dizem respeito não somente as observações da “natureza”, mas também à organização de nossa mentalidade [...] (MORIN, 2013, p. 333).

Os conceitos retirados de outras áreas do saber são conceitos retirados de dentro de nossa cultura, de dentro de ciências e disciplinas criadas pelo próprio homem. Temos que perceber que quando fazemos ciência, estamos tentando descobrir o que é o mundo, a partir de conceitos retirados de dentro de alguma sociedade. Além disso, no caso mais específico do conceito de máquina e todos os outros conceitos que remetem a ele, temos que perceber que eles são retirados de um determinado período cultural, e que a sua utilização em áreas fora das disciplinas em que eles foram desenvolvidos, nos ajudam a exercitar o pensamento, nos ajudam a pensar de forma mais abrangente, nos ajudam a enriquecer os nossos conceitos, e de acordo com Santos (SANTOS, 2013, p. 82): “[...] o conhecimento da complexidade estimula a existência de um pensamento que permita ligar as coisas que nos parecem separadas umas em relação às outras”.

Entretanto, há uma grande dificuldade em pensar de maneira complexa, até mesmo dentro da ciência, pelo fato de estarmos norteados por um princípio de

pensamento simplificador. Há uma simplificação na forma de reconhecer os objetos e há também uma simplificação quando pensamos disciplinas isoladas uma das outras.

Morin apresenta uma ideia de “circulação refletida” entre os conceitos de disciplinas isoladas, em oposição a uma “circulação clandestina” entre as disciplinas. Para o autor, a circulação refletida:

parece bloqueada, já que física, biologia e antropossociologia constituem três maciços herméticos uns para os outros. Mas, na verdade, sempre houve circulação clandestina tanto entre não ciências e ciências quanto entre ciências cujas alfandegas são sempre vigilantes para a experiência factual, sempre laxistas nas verificações conceituais. Assim, a circulação entre a física e a experiência social não cessou, como testemunharam os conceitos físicos fundamentais de trabalho e de energia que passaram da práxis social à física clássica. Melhor ainda: os termos comunicação, informação, código, programa, mensagem, finalidade emigraram da experiência antropossocial para a cibernética das máquinas artificiais e, de lá, com a organização biológica, voltam a invadir sob sua nova forma cibernética a organização antropossocial! (MORIN, 2013, p. 333)

A circulação refletida de conceitos permite um enriquecimento do conceito emprestado de uma disciplina para outra, como exemplo, a ideia de máquina surge a partir dos moldes cibernéticos, mas ao transitar entre outras disciplinas, esse conceito torna-se mais rico e permite que as outras disciplinas passem a refletir com a ajuda de outras ferramentas conceituais.

Os conceitos que transitam entre as disciplinas também não voltam mais a serem os mesmos quando retornam a sua disciplina de origem. Mais uma vez utilizando o exemplo do conceito de máquina, podemos perceber que ao sair da cibernética e transitar pela física, pela biologia e pela antropossociologia, esse conceito retorna ao nosso meio cultural de forma mais enriquecida e não pode ser considerado um conceito simples.

Morin se questiona sobre a legitimidade de se utilizar conceitos derivados da física na biologia e na antropossociologia ou de qualquer uma dessas áreas nas outras, pois isso poderia gerar uma série de analogias que poderiam não produzir fruto nenhum. Além disso, utilizar a ideia de máquina e de aparelho em sistemas que não são os cibernéticos poderia fazer com que esses termos caíssem numa espécie de reducionismo. Utilizar os conceitos da antropossociologia na física poderiam gerar conceitos simplesmente antropomorfos e sociomorfos, ou ao contrário, utilizar conceitos da física na sociologia poderiam gerar conceitos fisiomorfos. Qualquer

uma dessas formas cai numa espécie de reducionismo que a teoria da complexidade busca evitar.

O pensamento complexo permite que vejamos os problemas e as questões a partir de pontos de vista diversos, e inclusive, segundo Morin devemos pensar, “[...] que todo conceito, mesmo o mais físico, é produzido por um espírito humano, e que ele sempre tem, portanto, um lado antropomorfo; que tudo que é humano tem sempre uma realidade física” (MORIN, 2013, p.334).

Aqui podemos fazer algumas comparações entre o pensamento complexo de Morin e o de Bachelard, visto que, para Morin, os conceitos científicos não podem ser dissociados de uma sociedade e uma cultura, assim como que para Bachelard, o sujeito cria o objeto a partir de um método matemático, que por sua vez é desenvolvido dentro de uma cultura. É a matematização que permite a criação da realidade, e dessa forma, a cultura é essencial para a criação de objetos físicos.

A teoria da complexidade de Morin aponta para uma reflexão sobre as circulações dos conceitos entre as ciências, para que possamos pensar e exercitar as relações entre as diversas áreas dos saberes, sem reduzir os conceitos a entidades simples dentro de cada ciência. Como apontamos no capítulo anterior, Bachelard critica os sistemas empiristas, racionalistas, idealistas e etc., por não dialogarem uns com os outros. A falta de comunicação e interação entre os cientistas assim como entre os saberes de cada ciência não permitem a troca de informações, ocasionando em uma visão reduzida sobre um problema.

Para Morin, a falta de diálogo e de reflexão entre as áreas do saber, geram reducionismos, quando utilizam-se conceitos de outra área sem levar em consideração a complexidade desses conceitos, e para ele, tratando-se do exemplo dado sobre o conceito de máquina, ele aponta para duas consequências da falta de diálogo e reflexão dos pesquisadores e das disciplinas isoladas:

o primeiro é o do psiquismo abstrato da ciência clássica, para a qual nós, observadores antropossociais, não temos nenhuma existência e nenhuma realidade na produção do objeto físico, que, por sua vez, revela-se pela experiência e pela verificação objetivas; o segundo pegou primeiro a forma do idealismo subjetivo (o espírito do sujeito produziu um objeto que só existe por si), e toma hoje também a forma de um reducionismo sociológico, para o qual a única realidade é a nossa sociedade hic et nunc, que produz física e biologia entre as suas ideologias; é igualmente um idealismo, já que a sociedade humana se encontra projetada no ar, em suas nuances, sem substrato, e se torna suprafísica e suprabiológica; como o idealismo subjetivo, esta visão encerra-se no círculo vicioso do solipsismo, na falta de

se abrir em circuito para a realidade exterior que a alimenta e co-organiza (MORIN, 2013, p. 334).

Morin faz considerações similares a de Bachelard quando trata da questão de que o reducionismo é unilateral e reduz a realidade à experiência ou a razão, sem conseguir fazer uma junção entre esses dois termos. Todavia, a diferença crucial entre os dois autores trata-se de que para Bachelard a filosofia é quem faz reducionismos e que é a ciência quem dá uma lição a ela pelo fato de conseguir integrar em sua metodologia a razão e a experiência, enquanto para Morin, tanto a filosofia como a ciência, são guiadas por um pensamento reducionista, mesmo as disciplinas que criticaram esse pensamento, como é o caso da cibernética e da TGS.

Uma das ferramentas do pensamento complexo que poderiam ajudar a integrar os conceitos de disciplinas separadas, sem esconder os aspectos contraditórios, conflituosos dos conceitos é o princípio dialógico. Se um pensamento reducionista obrigasse a escolhermos entre a máquina pelo aspecto físico ou antropossocial, não seríamos capazes de refletir sobre a riqueza desse conceito.

O princípio dialógico mostra que o conceito de máquina possui duas lógicas, duas verdades e que uma não anula a outra. A máquina possui dupla entrada⁸⁵, uma física e uma antropossocial. A entrada física mostra que:

todo o ser-máquina, ser vivo, humano e inclusive social, deve ser considerado como ser físico. Por isso, as nossas noções antropossociais de trabalho, produção, práxis, comunicação (e eu acrescento dominação/emancipação) devem ser concebidas no seu enraizamento físico (MORIN, 2013, p. 335).

Essa é uma entrada que não pode ser eliminada do conceito de máquina, e que se fosse analisada por um pensamento de tipo reducionista seria considerada a única definição desse conceito. O princípio dialógico ajuda na compreensão de que a entrada física é apenas um dos lados do conceito de máquina, e que esse conceito é complexo por poder ser contraditório em outra área de pesquisa que não seja a física. A complexidade visa sempre apresentar os aspectos contraditórios, antagônicos, discordantes e concordantes dos objetos que ela procura descrever.

⁸⁵ A ideia de entrada é a mesma entendida na formulação feita pela T.G.S. A entrada é o canal que permite a troca de energia e informação do sistema com o seu ambiente. E no caso de um conceito, ele se alimenta de dois sistemas teóricos, como no caso da ideia de máquina que pode se alimentar tanto da física quanto da antropossociologia.

A outra entrada do conceito de máquina é antropossocial e ela mostra que a máquina não pode ser isolada do seu contexto cultural, isto é, que é “[...] aberrante isolar a máquina artefato de sua matriz antropossocial” (MORIN, 2013, p. 335). O conceito de máquina trazido pela cibernética era a da máquina no estilo da era industrial, e dessa forma, ao desenraizar a máquina desse contexto, não poderíamos levar em consideração que ela é uma ideia que pode se complexificar se for tomada em outras acepções.

A ideia de máquina na sua entrada física possui uma raiz antropossocial porque foi criada por indivíduos dentro de uma cultura, enquanto a entrada antropossocial de máquina possui uma raiz física porque ela é geradora de trabalho, de transformação e de organização.

Especificamos a ideia de simplificação a partir do conceito de máquina, mas ao trabalharmos os conceitos de outras teorias e as suas importâncias para a elaboração do pensamento complexo de Morin, gostaríamos de ter mostrado que simplificar não é apenas reduzir uma ideia a uma única explicação, ou ponto de vista, mas simplificar é muitas vezes utilizar um conceito para mascarar uma realidade complexa.

Ao tratarmos de Bachelard, pudemos perceber que as ideias de massa, de paralelas e de simultaneidade são ideias que escondem a real complexidade dos fenômenos. Da mesma forma com Morin, ao tratarmos da ideia de desordem, ordem, sistema, máquina e aparelho, pudemos perceber que essas ideias seguem o mesmo princípio de pensamento de cunho reducionista que visa simplificar os conceitos e não permite pensarmos em novas formas de encarar os problemas.

A complexidade exercita e desenvolve o pensamento, fazendo com que sempre pensemos os objetos a partir de um ponto de vista multidimensional, levando em consideração o fenômeno em suas partes separadas, em sua completude e também nas suas interações com outros fenômenos.

Morin e Bachelard são autores que se assemelham na crítica ao pensamento reducionista e simplificador. Pensar a complexidade, para eles, ajuda no desenvolvimento do pensamento e também no desenvolvimento da ciência, visto que o desdobramento de um conceito permite que os cientistas enxerguem a real complexidade dos fenômenos e procurem respostas a partir de outros pontos de vista.

Outra semelhança entre os autores é a crítica ao pensamento que teria sido o guia das investigações científicas das ciências na modernidade, e que introduziram o ideal reducionista no pensamento científico. Nosso próximo capítulo tratará detidamente da crítica de Bachelard e Morin ao pensamento cartesiano que teria postulado a divisão dos objetos em partes simples que deveriam ser analisadas minuciosamente para a compreensão total do objeto. Trataremos sobre as relações e diferenças entre os dois autores e como cada um busca uma solução para o problema do reducionismo.

3 REFLEXÕES SOBRE A COMPLEXIDADE A PARTIR DE GASTON BACHELARD E DE EDGAR MORIN

No primeiro capítulo visamos apresentar alguns aspectos do pensamento de Gaston Bachelard sobre o pensamento científico contemporâneo. Comentamos sobre a ideia de pluralismo filosófico referente aos conceitos científicos que poderia ser uma forma de reflexão e compreensão sobre os caracteres complexos dos objetos estudados pela ciência. Comentamos que uma única visão filosófica acabaria por apreciar apenas poucos aspectos do objeto estudado, e dessa forma, a visão da totalidade do objeto estaria reduzida a apenas aqueles aspectos que a teoria filosófica conseguiria descrever. O pluralismo filosófico por sua vez, permitiria estudar o objeto pela união dos pensamentos e das reflexões das teorias filosóficas, explicando o objeto em sua relação com outras teorias e outros objetos, fazendo com que se adquirisse uma visão mais ampla do objeto estudado.

A noção de massa considerada simples ao ir sendo desdobrada pela evolução da ciência, começa a se apresentar como um objeto complexo, interligado por diversas relações e noções. O pluralismo filosófico de Bachelard apontou para a complexidade dos objetos estudados pela ciência, procurando apresentar uma proposta de pensamento filosófico que pudesse acompanhar o progresso realizado pela ciência, principalmente no quesito de não simplificar os objetos e considera-los a partir de sua complexidade.

Tratamos sobre o desdobramento das ideias de natureza simples e gerais pela geometria e pela física, procurando apresentar que essas ideias eram geralmente fruto de um pensamento mal formulado. A geometria não-euclidiana ao apresentar críticas referentes ao postulado das paralelas deu origem a um pensamento que engloba e estende o pensamento anterior. Na física não-newtoniana, a ideia de “simultaneidade”, tão simples para o pensamento newtoniano, foi desdobrada pela física de Einstein. A “simultaneidade” só poderia ser simples, se se desconsiderasse a velocidade da luz de um sinal luminoso emitido no momento de um determinado evento em relação a um ponto de referência em movimento. Tanto a noção de “paralelas” como de “simultâneo” não poderiam ser consideradas simples, pelo fato que essas ideias perderiam o sentido devido ao avanço das respectivas áreas que apresentam essas noções. Essas noções só poderiam ser consideradas simplificadas, pois o cientista que trabalha

com essas noções poderia utiliza-las de maneira simples, contanto que desconsiderasse algumas sutilezas referentes a essas noções.

A simplificação dos fenômenos da natureza ocasionou o surgimento da doutrina mecanicista, que reduzia todos os fenômenos do universo a partículas simples, que se chocavam uma com as outras e produziam todos os acontecimentos físicos, morais, históricos e etc. A precisão da previsão através do cálculo matemático em relação a fenômenos astronômicos, fez com que o cientista da modernidade acreditasse que os acontecimentos do mundo também podiam ser previstos por algum tipo de cálculo matemático. Conhecendo a posição e a velocidade de um astro espacial, poderia saber-se a posição exata desse astro no futuro e, assim, como o mecanicismo reduziu todos os eventos que acontecem no universo a partículas materiais simples, pensava-se que todos os acontecimentos que iriam ocorrer no futuro, como os que já aconteceram no passado, podiam ser previstos, se se conhecesse a posição e a velocidade das partículas que formam as coisas.

Admitia-se uma ordem primordial a todo o universo, sendo que a capacidade de prever os fenômenos matematicamente, e a leitura matemática desses fenômenos, fez com que se reforçasse a ideia de que os fenômenos só podiam ser previstos porque já estavam determinados. A simplificação matemática dos fenômenos, e a simplificação desses fenômenos a partículas materiais simples, fizeram com que o ideal mecanicista e determinista fossem os guias de pensamento para a investigação científica na modernidade.

Ao apresentarmos algumas críticas de Bachelard aos tipos de filosofia que refletiam sobre o pensamento e procedimento científico, especificamente nos casos em que uma única filosofia se propunha a tentar descrever e compreender de maneira absoluta as noções da ciência, vimos que essas noções ao irem se tornando mais complexas apresentar-se-iam com um aspecto novo e ao mesmo tempo complementar do aspecto antigo. Dentro disso temos que realçar também a crítica de Bachelard à simplificação e ao reducionismo. Desse modo, parece-nos necessário, apresentar a forma como Bachelard concebe a ideia de um pensamento que fosse capaz de levar em consideração o aspecto complexo inscrito no interior das noções e dos fenômenos e que não reduzisse a reflexão sobre as noções científicas apenas com uma maneira filosófica única de se pensar.

Consideraremos a complexidade essencial da filosofia científica, na própria forma de investigação científica, que é animada, segundo Bachelard, pela união entre razão e experiência. Com o advento da ciência contemporânea, que trouxe à tona a questão da complexidade dos fenômenos e das noções, a filosofia se mostrou incapaz de compreender a complexidade, justamente pelo fato de que filosofias diferentes não concordavam quanto ao método de apreensão dos fenômenos apresentados pela ciência, sendo que cada filosofia negava o outro método de explicação e procurava considerar seu método como absoluto para a explicação dos fenômenos.

3.10 CARÁTER COMPLEXO DA FILOSOFIA CIENTÍFICA SEGUNDO BACHELARD

Em relação à direção da atividade científica contemporânea, Bachelard (BACHELARD, 1978, p. 92) afirma que a ciência vai do racional ao real, pelo fato das teorias científicas apresentarem primeiramente os problemas e só depois a experiência vir confirmá-los. A direção do pensamento científico contemporâneo que vai do racional ao real permite a Bachelard:

questionar todo o papel e o contexto de produção das ciências, inclusive de falar do papel realizante do conhecimento científico. Este papel realizante [...] incorpora, assim, a dimensão objetiva e subjetiva no processo de conhecimento [...] (SOUZA, 2007, p. 80).

O racionalismo defendido por Bachelard é distinto daquele defendido pelos filósofos⁸⁶, sendo que este se encaixaria numa espécie de racionalismo formal, abstrato e universal, de modo que o racionalismo proposto por Bachelard é concreto e solidário com a experiência, sendo que ele deve ser constituído por noções matemáticas que serviriam de guia para a atividade experimental dos cientistas. Bachelard defende que a atividade científica contemporânea seria animada por uma bicerteza⁸⁷ formada pela junção das certezas do empirismo e do racionalismo.

⁸⁶ Segundo Bulcão (BULCÃO, 1981, p. 89) o racionalismo criticado por Bachelard era todo aquele que acreditava que a verdade partia da razão, pois a partir dessa posição “estava implícito que os princípios da razão eram absolutos e a priori, determinando o funcionamento da razão em qualquer época e em qualquer campo do saber”.

⁸⁷ A bicerteza que Bachelard se refere pode ser comparada a “dialógica” de Morin, sendo que as duas buscam unificar as certezas e as verdades de cada teoria, por mais que elas sejam aparentemente

A bicerteza em relação ao racionalismo é a de que o real está em conexão com o racional⁸⁸; em relação à experiência, a certeza é de que os argumentos racionais que se referem à experiência já constituem momentos dessa experiência. Em relação à Física, por exemplo, “[...] nada de racionalidade no vazio; nada de empirismo desconexo: eis as duas obrigações filosóficas que fundamentam a estreita e rigorosa síntese da teoria com a experiência na Física contemporânea” (BACHELARD, 1977, p. 10).

Desse modo, Bachelard defende que a atividade científica contemporânea seria animada por aquilo que ele denominou de “racionalismo aplicado”, que poderia ser definido como um racionalismo matemático unido à prática experimental do cientista na realidade, isto é, uma união entre o cientista teorizador e a realidade que ele virá a construir. Filosofias tradicionais como o racionalismo, o empirismo e o realismo não poderiam mais conseguir explicar por si próprias o desenvolvimento da atividade científica contemporânea, especialmente pelo fato de unificarem em si o objeto de estudo das ciências, e também, por não poderem de maneira isolada descrever corretamente a complexidade apresentada pelas ciências da contemporaneidade.

O racionalismo era tipicamente uma filosofia que excluía a realidade objetiva em primazia do sujeito do conhecimento, ou seja, o racionalismo era desconexo da realidade objetiva, enquanto o empirismo ao contrário, apresentava-se como uma filosofia que excluía o papel do sujeito na realidade em detrimento do objeto para o conhecimento.

No exemplo já comentado sobre o racionalismo completo de Einstein e o racionalismo dialético de Dirac, o empirismo não seria capaz de descobrir sem o auxílio da razão, as realidades que não podem ser apreendidas pelos unicamente pelos sentidos, como exemplo, um elétron, uma curvatura no tempo-espaço e até mesmo uma possibilidade de massa negativa.

ao contrário uma da outra. A bicerteza é a certeza do realismo e a do racionalismo, é a junção do pensamento das duas filosofias.

⁸⁸ Para Bachelard, o real está relacionado com o racional pelo fato da realidade ser construída matematicamente por um sujeito que detém a teoria e que pode ver além da pura sensibilidade empírica. Dessa forma sujeito e objeto estão interligados. De maneira similar, mostramos que com Morin sujeito e objeto também estão unidos, pois a própria realidade e seus conceitos não podem ser separados da sociedade e da cultura que a estudam.

A filosofia realista também foi criticada por Bachelard, pois esta poderia ser definida como uma filosofia que acreditaria fielmente em algo objetivo na natureza, que seria independente do sujeito do conhecimento. A crença do cientista ou do filósofo que se apoiaria na doutrina realista, seria a de que existiria um real já dado, e que bastaria ao cientista ir até esse real e descrevê-lo matematicamente. Para Bachelard, o real científico seria um real construído pelo cientista, e desse modo, não soaria paradoxal a seguinte afirmação: “A ciência cria com efeito uma filosofia” (BACHELARD, 1978, p. 92).

O racionalismo aplicado, além de unir os conjuntos conceituais e metodológicos do empirismo e do racionalismo, conseguiu apresentar uma realidade que seria descoberta pela razão (matemática) e em seguida, concretizada empiricamente por um cientista. Sem a razão matemática estar apontando para alguma parte do mundo que não poderia ser vista apenas empiricamente, o cientista não conseguiria fazer as descobertas que foram feitas pela ciência contemporânea, assim, “a experiência científica é desse modo uma razão confirmada” (BACHELARD, 1978, p. 93).

O racionalismo bachelardiano seria aplicado de maneira dialética na realidade, primeiro a razão aponta para uma possibilidade de descoberta, em seguida, cabe ao cientista ir ao mundo realizar a descoberta feita pela matemática. Bachelard afirma que se acompanharmos a atividade científica

contemporânea com atenção, ou melhor, com interesse apaixonado, vemos entabolar-se um diálogo filosófico que tem o mérito de excepcional precisão: o diálogo entre o experimentador dotado de instrumentos rigorosos e o matemático que ambiciona informar de perto a experiência. Enquanto nas polêmicas filosóficas, no mais das vezes, o realista e o racionalista não conseguem falar de uma mesma coisa, tem-se a nítida e consoladora impressão de que, no diálogo científico, os dois interlocutores falam do mesmo problema (BACHELARD, 1977, p. 7).

A citação feita acima possui uma dupla afirmação: a primeira se refere ao racionalismo aplicado como atividade do matemático (teorizador) e do experimentador (realizador da teoria); a segunda ressalta a querela entre o empirista e o racionalista que não dialogavam, e desse modo, nunca conseguiam fazer uma junção de suas ferramentas metodológicas e jamais poderiam compreender o avanço do conhecimento científico contemporâneo.

Assim, para Bachelard, um pensamento que visasse refletir sobre a ciência não poderia se guiar por uma teoria que pretendesse ser absoluta. As noções de base da geometria e da física que foram complexificadas não podem mais ser utilizadas como nos moldes do pensamento anterior, e desse modo:

um realismo que voltou a encontrar a dúvida científica já não pode ser da mesma espécie que o realismo imediato. Igualmente nos convencemos de que um racionalismo que tenha corrigido julgamentos a priori, como aconteceu com os novos ramos da geometria, já não pode ser um racionalismo fechado. Acreditamos portanto que haveria interesse em adotar a filosofia científica em si, julgá-la sem idéias preconcebidas [...] (BACHELARD, 1978, p. 91).

As doutrinas filosóficas não poderiam estabelecer bases gerais para compreender a ciência contemporânea, pois o desenvolvimento da ciência requer muitas vezes que haja transformação das suas noções de base para poder analisar outro aspecto da realidade que as noções antigas não permitiam. Bachelard afirma que: “O filósofo deve portanto tornar flexível sua linguagem para traduzir o pensamento contemporâneo em sua versatilidade e mobilidade” (BACHELARD, 1978, p. 92). A generalização e a absolutização das teorias filosóficas, não permitem que estas possuam uma linguagem flexível para analisar os objetos científicos.

A ciência contemporânea na perspectiva de Bachelard não pode ser fixada pelas ideias de um empirismo imediato ou por uma racionalização estanque dos objetos da natureza, e sim, em um pensamento matemático que procura sempre abranger o máximo de relações possíveis. Como apresentamos, a racionalização matemática apresenta uma realidade que o cientista não conseguiria descobrir empiricamente. O papel da matemática é realizador para a ciência contemporânea.

A ciência moderna pautava-se num ideal reducionista, que procurava utilizar a matemática apenas para descrever os elementos simples da natureza, de maneira que os fenômenos matematizados correspondessem a apreensão sensível dos cientistas. Assim, a matemática abstrata, que não era considerada útil para descrever os fenômenos da natureza, era considerada como mero exercício intelectual.

A matemática sob o viés da ciência contemporânea, não possui a capacidade apenas de descrever os fenômenos, mas serve também para apresentar aspectos da realidade que não poderiam ser apreendidos unicamente pelos sentidos. Segundo Bachelard, a matemática procura sempre a realização do racional

e “[...] há na atividade matemática mais do que uma organização formal de esquemas e que toda ideia pura tem a contrapartida de uma aplicação psicológica, de um exemplo que faz as vezes de realidade” (BACHELARD, 1978, p. 92).

Bachelard criticou o pensamento realista, que teria como base um método fixo, em que a realidade já seria considerada dada e que bastaria apenas o cientista ir até ela para descobrir e descrever passivamente os fenômenos, defendendo um realismo matemático, que se concentraria na relação entre diversas noções, e que apontaria ao cientista uma possibilidade de descobrir os fenômenos. O realismo matemático, não é fixo, pois se o cientista não encontrasse o objeto apontado pela teoria matemática, a própria teoria teria que ser revista e transformada. Para Bachelard:

A experiência científica é desse modo uma razão confirmada. Esse novo aspecto filosófico da ciência prepara um retorno do normativo à experiência: sendo a necessidade da experiência percebida pela teoria antes de ser descoberta pela observação, o papel do físico é depurar bastante o fenômeno para reencontrar o númeno orgânico (BACHELARD, 1978, p. 93).

O real imediato é fruto de um empirismo apressado, e a ciência contemporânea apresenta uma realidade que pode contradizer o senso-comum. Aquilo que seria considerado simples, só existiria para um pensamento mal formulado. O realismo matemático, em sua própria base, apresentou uma complexidade essencial, que seria “[...] o dualismo do subjetivo e do objetivo” (BACHELARD, 1978, p. 93).

O pensamento científico contemporâneo foi movido pela realização matemática dos fenômenos, visto que:

o verdadeiro pensamento científico é metafisicamente indutivo⁸⁹; [...] tal pensamento lê o complexo no simples, diz a lei por ocasião do fato, a regra, por ocasião do exemplo. Veremos com que amplidão as generalizações do pensamento moderno aperfeiçoam os conhecimentos particulares. (BACHELARD, 1978, p. 93).

A geometria não-euclidiana e a física não-newtoniana ampliaram e aperfeiçoaram os conhecimentos em suas áreas, mesmo tendo em vista que as

⁸⁹ O termo “indução” para Bachelard, pode ser caracterizado como a construção do real pelo pensamento científico. Nas palavras de Marly Bulcão: “Bachelard considera indução como sinônimo de construção, isto é, como invenção de um real científico. A indução é a construção de fenômenos novos” (BULCÃO, 1981, p. 79).

novas propostas apresentadas feriam o conhecimento vigente. As ideias postuladas simples serviam como base de um pensamento unilateral, que não visava as relações que eram inscritas no próprio objeto.

A racionalização matemática das ciências contemporâneas possui em seu próprio método uma relação de complexidade. O cientista que parte da razão matemática para encontrar o objeto, sabe que a matemática apresenta esse objeto como fruto de uma série de relações, não considerando em hipótese alguma que o objeto procurado seja considerado simples. Bachelard afirma que se analisarmos o pensamento científico contemporâneo, encontraríamos as características de:

extensão, inferência, indução, generalização, complemento, síntese, totalidade. Tantos outros substitutos da idéia de novidade. E tal novidade é profunda, pois não é a novidade de um achado, e, sim, a novidade de um método (BACHELARD, 1978, p. 94).

A racionalização matemática e a aplicação daquilo que ela demonstra seriam as novidades do pensamento utilizado pelas ciências contemporâneas para compreender seus objetos e suas noções. A matematização foi a responsável por apontar para a transformação dos conceitos científicos, como exemplo, a noção de paralela, a noção de simultâneo, e outras noções que são bases de diversos métodos científicos. A transformação das noções simples foi realizada através da extensão e das conexões que essas noções fazem com outras noções. Uma noção simples seria suficiente apenas para explicar um aspecto unilateral dos objetos estudados por uma teoria, e desse modo, deixaria fora de análise, ou, não seria capaz de analisar outro aspecto do objeto que seria complementar para uma descrição mais completa do objeto estudado.

Comentamos que o espírito mecanicista reduziu os aspectos da realidade a características materiais simples, de maneira que o papel da matemática era apenas o de descrever o movimento realizado por essas partículas materiais. Se a matemática é entendida apenas como uma linguagem que descreve os fenômenos do universo, então o papel dela de apresentar novos fenômenos e realizar as relações entre os conceitos não poderia ser compreendido.

O ideal mecanicista realizava por si só o papel de redução dos fenômenos e também, da consideração da matemática como uma linguagem que serviria unicamente para traduzir os eventos que aconteceriam no mundo. O mecanicismo

como guia das pesquisas científicas da modernidade, se apoiou fortemente na metodologia de Descartes.

Bachelard se opõe ao pensamento reducionista de origem cartesiana pelo fato dele partir do simples para explicar o complexo, sendo que esse complexo seria apenas a composição das partes simples de um objeto. Apresentaremos à crítica de Bachelard ao pensamento cartesiano, e a proposta de Bachelard para uma epistemologia não-cartesiana.

3.2 A EPISTEMOLOGIA NÃO-CARTESIANA DE GASTON BACHELARD

O pensamento cartesiano foi responsável pela dicotomia entre matéria e espírito. Essa dicotomia exerceu um papel significativo para a ciência que sucedeu Descartes, pois a “[...] filosofia e ciência natural [...] desenvolveram-se com base na polaridade entre *res cogitans* (‘coisa pensante’) e *res extensa* (‘coisa extensa’), a ciência natural concentrando seu interesse na ‘coisa extensa’” (HEISENBERG, 1999, p. 112).

A matéria, dessa forma, foi o objeto privilegiado de estudo pelas ciências modernas que partiram da redução cartesiana do mundo a uma categoria simplesmente material. O mecanicismo teve origem nessa visão material do universo. O objetivo da ciência moderna era explicar os fenômenos da natureza, apenas levando em consideração a formação material dos fenômenos. A redução dos fenômenos à partículas materiais simples e a utilização da matemática como descrição do movimento dessas partículas resultou na crença determinista, visto que as posições futuras dessas partículas podiam ser previstas pela formulação de um cálculo matemático.

O advento das ciências contemporâneas apresentou um novo aspecto da matemática que conforme explicamos, não seria apenas o de descrever os fenômenos apreendidos pelos sentidos, e sim, realizar relações entre os conceitos científicos e apontar para a possibilidade de concretização das teorias na realidade, e assim:

Quando se compreendeu bem [...] que a experimentação está sob a dependência duma construção intelectual anterior, procuram-se do lado do abstrato as provas da coerência do concreto. O quadro das possibilidades de experiência é então o quadro das axiomáticas (BACHELARD, 1978, 173).

A matemática como instrumento inventivo desenvolveu um papel importante para a ciência contemporânea e como tivemos oportunidade de apresentar, essa matematização revelou uma complexidade fenomênica que unicamente os sentidos não conseguiriam apreender. As teorizações matemáticas (axiomáticas) são as possibilidades de realizações dos fenômenos, e a própria complexidade essencial apresentada pelas axiomáticas requeria que o fenômeno fosse compreendido de maneira complexa.

Desse modo, Bachelard afirmou que se deveria compreender que “[...] a base do pensamento objetivo em Descartes é estreita demais para explicar os fenômenos físicos. O método cartesiano é redutivo, não é indutivo” (BACHELARD, 1978, p. 159).

O pensamento cartesiano reduziu os fenômenos que compõem o universo à partes simples, com a crença de que a simplificação desses fenômenos seria o modo correto a ser utilizado para se compreender o fenômeno analisado. No pensamento cartesiano a análise fenomênica parte do simples para explicar o complexo.

A redução dos fenômenos e dos conceitos científicos, como já demonstramos, seria insuficiente para caracterizar os objetos científicos contemporâneos, visto que esses objetos são frutos de teorizações matemáticas que visam expandir-se e relacionar-se com outras teorias. O pensamento redutivo “[...] falseia a análise e entrava o desenvolvimento extensivo do pensamento objetivo” (BACHELARD, 1978, p. 159).

Apontamos sobre a simplificação dos fenômenos e das noções nos capítulos anteriores, e dessa forma, vimos que o pensamento euclidiano e o pensamento newtoniano que colocaram como base de seus princípios os conceitos simples e claros, impediram de alguma forma a evolução do conhecimento sobre a complexidade dos fenômenos nos campos da geometria e da física. O avanço nessas áreas deu-se através da crítica as ideias simples que foram postuladas pelo pensamento científico anterior.

A objetividade do pensamento científico com base numa matemática inventiva revela fenômenos interligados por diversos tipos de relações. A simplicidade postulada pelo pensamento cartesiano mutila as relações que compõem os fenômenos.

O princípio da incerteza de Heisenberg apresentou uma relação fundamental entre espaço e movimento, e desse modo, uma partícula não poderia ser considerada analisando-se apenas o seu aspecto espacial ou dinâmico, visto que uma partícula realiza a sua função através da sua movimentação. A física de Einstein apresentou uma relação fundamental entre tempo e espaço em que a medição exata do tempo depende totalmente da dinâmica ou da estática do ponto de referência.

Tempo, espaço e movimento se mostram como categorias que reduzidas a si próprias não seriam suficientes para descrever de maneira objetiva o funcionamento dos fenômenos, assim, caberia a seguinte pergunta: “[...] com que direito supomos a separação inicial das naturezas simples?” (BACHELARD, 1978, p. 159).

Para Bachelard “simplificar é sacrificar” (BACHELARD, 2004, p. 97), assim, mutilação e empobrecimento é o que resulta de uma ciência que tem como base uma metodologia de simplificação dos fenômenos e das noções. De maneira geral, “é sempre a mesma definição metodológica que prepondera: ‘Dize-me como te procurar e dir-te-ei quem és’” (BACHELARD, 1978, p. 160). O simples é encontrado porque há um método de simplificação que o procura, isto é, o próprio pensamento simplificador partia da base da divisão da natureza em fenômenos simples e desse modo, obviamente o simples seria a única coisa que esse pensamento conseguiria encontrar devido ao próprio princípio de seu método.

A ciência contemporânea que na análise de Bachelard tem como método um pensamento de cunho matemático que se expande, não conseguiria analisar os fenômenos pelo viés reducionista, assim, para a ciência contemporânea “[...] o simples é sempre simplificado; não poderia ser pensado corretamente senão enquanto aparece como produto dum processo de simplificação” (BACHELARD, 1978, p. 160). A geometria não-euclidiana e a física não-newtoniana são exemplos do significado de simplificação para a ciência contemporânea, pois o simples não existe para estas ciências, só existe o simplificado. Bachelard afirma que, “[...] não há fenômenos simples; o fenômeno é uma trama de relações. Não há natureza simples, substância simples; a substância é uma textura de atributos” (BACHELARD, 1978, p. 164).

Tanto a ideia de “paralela” quanto de “simultaneidade” que são consideradas simples por um pensamento filosófico reducionista, perderiam o sentido sobre a

análise extensiva das ciências, visto que essas noções só teriam sentido com relação às relações que elas realizariam. A ciência contemporânea através da extensão realizada pela matemática, não elimina aquilo que é considerado simples pelo pensamento anterior, ela apresenta a simplicidade ou simplificação, desconsiderando as relações entre as noções. O cientista contemporâneo ao trabalhar com os conceitos considerados simples pelo pensamento anterior, estaria ciente que eles são simples e que são entrelaçados por diversos tipos de relações. As ideias simples “[...] não são a base definitiva do conhecimento; aparecerão por conseguinte num outro aspecto quando as colocarem numa perspectiva de simplificação a partir das ideias completas” (BACHELARD, 1978, p. 164). O pensamento científico contemporâneo que parte de um ideal matemático

traça de fora, com luminosa precisão, os limites do pensamento antigo. O mesmo se deverá dizer de todas as formas novas do pensamento científico que extemporaneamente vêm projetar uma luz que dissipa as obscuridades de conhecimentos incompletos (BACHELARD, 1978, p. 94).

O pensamento matemático completa o pensamento anterior, dessa forma, quando a geometria não-euclidiana e a física não-newtoniana expandem matematicamente as suas noções, essas completam aquelas consideradas simples e que eram base do pensamento anterior.

Para Bachelard, o problema da simplicidade dos fenômenos também se devia a uma análise puramente empírica da realidade, em que a complexidade não se apresentaria nos fenômenos, podendo ser apenas apreendida no interior de um pensamento teórico. O método cartesiano como base de pesquisa da ciência moderna postulou apressadamente a simplicidade dos fenômenos da natureza. A ciência contemporânea

esforça-se para encontrar o pluralismo sob a identidade, para imaginar ocasiões de romper a identidade por detrás da experiência imediata resumida muito cedo num aspecto de conjunto. Essas ocasiões não se apresentam por si mesmas, não se encontram na superfície dos seres, nos modos, no pitoresco duma natureza desordenada e cintilante. É preciso ir lê-las no seio da substância, na contextura dos atributos (BACHELARD, 1978, p. 160).

A atividade científica contemporânea inscrita sobre um pensamento matemático não vai diretamente à realidade para estudar e compreender os fenômenos da natureza, pois inicialmente o cientista parte da teorização matemática

para só então ir em direção ao possível fenômeno apresentado pela matemática. Desse modo, se um empirismo apressado pautado num ideal reducionista da natureza não consegue apreender a complexidade dos fenômenos, um método matemático que procurasse se objetivar em termo de relações consegue apreender essa complexidade. A ciência “[...] de inspiração cartesiana fazia com muita lógica o complexo com o simples, o pensamento científico contemporâneo tenta ler o complexo real sob a aparência simples fornecida por fenômenos compensados” (BACHELARD, 1978, p. 160).

O realismo construído matematicamente foi responsável por apresentar a complexidade dos fenômenos. Analisando a evolução do conceito de massa, pudemos apontar que a partir do momento em que o conceito vai sendo explicado matematicamente, noções que empiricamente não tinham nenhuma relação com ela, passam a fazer parte de sua composição e tornam-se imprescindíveis para poder-se ter uma objetivação mais completa dessa noção.

À primeira vista, a complexidade dos fenômenos foi considerada uma perturbação, visto que a complexidade contradiz a experiência sensível e, desse modo, Bachelard afirma o seguinte: “Que esforço de pensamento puro, que fé no realismo algébrico foram precisos para associar o movimento e a extensão, o espaço e o tempo, a matéria e a irradiação” (BACHELARD, 1978, p. 160).

A relação entre a matéria e a irradiação foi um exemplo de problemática que entrou em choque com as crenças da ciência moderna, apoiadas num empirismo apressado e em um método reducionista. A física moderna era estritamente materialista, e essa doutrina procedia:

duma abstração inicial que parece dever mutilar para sempre a noção de matéria. Essa abstração, que não é discutida nem pelo empirismo baconiano nem pelo dualismo cartesiano, é a localização da matéria num espaço preciso. Em outro sentido, o materialismo tende ainda a limitar a matéria, recusando-lhe qualidades à distância pela interdição de agir onde não está (BACHELARD, 1978, p. 120).

A física moderna apoiada em um ideal cartesiano era tipicamente “coisista”, procurando reduzir a matéria a algo que sempre ocupa lugar no espaço e que possui uma forma geométrica definida, “Descartes em vão se defende: se a matéria é unicamente extensa, ela é feita de sólidos, tem propriedades estritamente locais, definidas por uma forma, solidárias duma forma” (BACHELARD, 1978, p. 120). Não

se questionava sobre a possibilidade da matéria ocupar um lugar onde ela não estava. A própria relação entre espaço e forma foi cindida em duas partes pela ciência moderna a “[...] localização da matéria no espaço divide abusivamente as propriedades geométricas e as propriedades temporais. Cinde a fenomenologia em dois grupos de estudos: geometria e mecânica” (BACHELARD, 1978, p. 120).

A física contemporânea no campo da microfísica não reduz a matéria a algo simplesmente material, a própria noção é entendida também como energia. Para a física contemporânea, os aspectos fenomênicos mais importantes são os que têm a ver com a sua energia, pois é a energia:

que forma o traço de união mais frutuoso entre a coisa e o movimento; é por intermédio da energia que se mede a eficácia duma coisa em movimento, é por este intermédio que se pode ver como um movimento se torna uma coisa” (BACHELARD, 1978, p. 120).

A noção de matéria em si própria é uma estrutura complexa, e não apresenta a simplicidade material como queria a filosofia cartesiana ao postular sobre a extensão dela. A física contemporânea através do estudo sobre a irradiação do átomo apreendeu que ele:

não só atomiza todos os fenômenos que se concentram nele, mas também dá uma estrutura a toda energia que emite. O próprio átomo é transformado de maneira descontínua pela absorção ou emissão de energia descontínua. Por conseguinte, não basta mais dizer que a matéria nos é conhecida pela energia como a substância por seu fenômeno, tampouco se deve dizer que a matéria tem energia, mas sim, no plano do ser, que a matéria é energia e que reciprocamente a energia é matéria (BACHELARD, 1978, p. 123).

A ideia de choque entre as partículas que comentamos brevemente no tópico sobre o ideal mecanicista, perdem totalmente o sentido sobre a análise do microfenômeno realizada pela física contemporânea, visto que não seria tão simples tratar do choque entre um objeto material e uma energia ou entre o choque de duas energias. Pensando sobre o choque entre duas substâncias diferentes poderá se apreender “[...] a ineficácia epistemológica das ideias simples do tipo cartesiano quando se vai buscar essas idéias simples numa intuição imediata onde se realiza depressa demais [...]” (BACHELARD, 1978, p. 125) a junção entre os conteúdos de análise da física e da geometria.

As ideias simples são sustentadas pela intuição imediata, baseada numa análise mal elaborada da realidade, entretanto, quando a realidade passa a ser

analisada por um procedimento matemático que abrange primeiramente o fenômeno por uma via puramente teórica, as ideias simples são destituídas de sentido, visto que o próprio pensamento matemático requer uma junção entre a teoria e prática, assim, substitui-se a “[...] descrição usual e concreta uma descrição matemática e abstrata. Esta descrição matemática não é clara por seus elementos, não é clara a não ser em seu acabamento, por uma espécie de consciência de seu valor sintético” (BACHELARD, 1978, p. 161).

Quando se fala de uma epistemologia não-cartesiana, a intenção não é criticar Descartes nas suas teses referentes a física, a crítica se remete sobre “[...] uma condenação da doutrina das naturezas simples e absolutas” (BACHELARD, 1978, p. 161). As ideias cartesianas que guiaram o pensamento científico moderno, embasado na redução de elementos, é oposto ao método científico contemporâneo que se baseia em um método matemático que procura cada vez mais fazer relações entre os conceitos científicos. Em relação ao método científico, Bachelard afirma que:

não há método de pesquisa que não acabe por perder sua fecundidade primeira. Sempre chega uma hora em que não se tem mais interesse em procurar o novo sobre os vestígios do antigo, em que o espírito científico não pode progredir se não criar métodos novos (BACHELARD, 1978, p. 158).

Bachelard questionava se o pensamento cartesiano ou qualquer tipo de pensamento que pretendesse compreender o desenvolvimento científico seria capaz de não sofrer nenhum tipo de desgaste durante a evolução científica? A resposta é que analisando o progresso realizado pelas ciências contemporâneas, a ciência só foi capaz de evoluir alterando a forma de metodologia usada para compreender a realidade.

A evolução da ciência ocorre através da mudança de método utilizado para se estudar os fenômenos, e também, pela mudança de suas noções de base. Para Bachelard “todas as noções de base podem de alguma maneira ser desdobradas; podem ser debruadas por noções complementares” (BACHELARD, 1978, p. 161). A evolução da física e da geometria ocorreram justamente através do desdobramento de noções simples.

A ciência está sempre alterando os seus métodos e as suas noções, e desse modo, é necessário que haja uma filosofia que não simplifique e nem se torne

absoluta para tentar explicar o desenvolvimento científico. Um método científico “[...] é aquele que procura o perigo. Seguro de seu acervo, ele se aventura numa aquisição. A dúvida está na frente e não atrás, como na vida cartesiana” (BACHELARD, 1977, p. 122). O racionalismo aplicado possui em si a ideia de que se o cientista encontrar na realidade algo que não foi predito pela teoria matemática, a teoria deveria se alterar para poder encontrar o porquê de não ter sido capaz de prever o fenômeno. A razão proposta por Bachelard “[...] é fundamentalmente descontínua retificando-se a si mesma, a seus métodos e a seus próprios princípios, o que a torna dinâmica e inconstante” (BARBOSA; BULCÃO, 2004, p. 22).

Outro aspecto do racionalismo aplicado trata-se de que ele é um conceito que não liga apenas o sujeito ao objeto, mas liga os sujeitos inseridos dentro de uma comunidade científica. Nas palavras de Chimisso (CHIMISSO, 2001, p. 92), o racionalismo aplicado faz “[...] a relação entre a mente e o objeto de um lado, e a relação entre as mentes de outro lado”.

A relação entre sujeitos dá-se através de uma inscrição dos mesmos em uma “comunidade científica” ou “cidade científica”, em que o cientista não realiza sozinho as descobertas científicas. O sujeito encontra-se inserido dentro de uma sociedade e de uma cultura científica que organizam a forma de pesquisa, assim como impõe as regras que o sujeito pesquisador deve seguir. Para Bachelard, “parece que o caráter social das ciências físicas se revela precisamente pelo evidente progresso dessas ciências. O trabalhador isolado deve confessar ‘que ele não teria achado isso sozinho’” (BACHELARD, 1977a, p. 132).

O progresso crescente da física na concepção de Bachelard não se dá porque um cientista pensa em problemas de maneira aleatória e vai tentar criar teorias para tentar comprova-los, o cientista não pode ser desligado da sua área específica e da sua comunidade de pesquisa, que levantam os problemas para os cientistas tentarem resolvê-los.

A comunidade científica é a responsável por tornar possível “[...] as especializações, sem permitir que elas se tornem verdadeiras mutilações do conhecimento, ainda que apresentem uma acentuada perda de visão da totalidade” (BARBOSA; BULCÃO, 2004, p. 32). Um aspecto curioso da filosofia de Bachelard é que ele não considera a especialização científica uma espécie de reducionismo sobre os fenômenos estudados. A única especialização que o autor critica é a filosófica, pois:

O filósofo, especialista de generalidades, propôs-se a fazer as sínteses. Mas, de fato, é a partir de uma especialidade que o cientista quer e busca a síntese. Não pode aceitar como pensamento objetivo um pensamento que ele, pessoalmente, não objetivou (BACHELARD, 2013, p. 293).

A simplificação e a absolutização dos conceitos científicos realizados pelos pensamentos filosóficos não são suficientes para explicar a mobilidade do pensamento científico contemporâneo. Bachelard pediu para que confrontássemos o pensamento cartesiano com o ideal de complexidade da ciência contemporânea, que:

se baseia numa síntese primeira; realiza em sua base o complexo geometria-mecânica-eletricidade; expõe-se no espaço-tempo; multiplica seus corpos de postulados; coloca a clareza na combinação epistemológica, não na meditação separada dos objetos combinados (BACHELARD, 1978, p. 162).

A epistemologia não-cartesiana proposta por Bachelard consegue apreender o pensamento dinâmico da ciência contemporânea. Ela levaria em consideração a ideia de que “longe de ser o ser que ilustra a relação é a relação que ilumina o ser” (BACHELARD, 1978, p. 162). A epistemologia não-cartesiana foi proposta para apontar a necessidade de um pensamento filosófico que não fixe as noções científicas, não reduza nem desconsidere a complexidade apresentada matematicamente pela ciência contemporânea e que principalmente seja um alerta contra as ideias simples e absolutas.

Outro problema do pensamento cartesiano é que ele parte da ideia de um sujeito isolado que pode conhecer de maneira clara os objetos sem levar em consideração a inscrição de um cientista dentro de uma comunidade científica em que ele troca pareceres com outros cientistas.

O pensamento de Bachelard vai em direção a uma filosofia científica que pudesse ser capaz de acompanhar as mudanças realizadas pela ciência contemporânea, pois “[...] somente uma epistemologia que parta da reflexão da própria ciência pode se tornar adequada para expressá-la” (BARBOSA; BULCÃO, 2004, p. 21).

A partir da exposição do pensamento bachelardiano, pudemos compreender que esse autor critica o pensamento cartesiano pela redução dos fenômenos da natureza a entidades simples, que como vimos, foram um entrave para a elaboração

de um pensamento científico que visasse compreender a complexidade dos fenômenos da realidade.

Apresentaremos no próximo tópico a visão de Morin sobre o pensamento reducionista e veremos que a crítica desses autores se assemelham no que diz respeito ao método cartesiano de simplificação dos objetos. Morin apresenta sua crítica de forma diferente a de Bachelard, pois ele concebe que o pensamento cartesiano ficou enraizado no pensamento científico a partir da ideia de “paradigma”.

3.3 O PARADIGMA SIMPLIFICADOR A PARTIR DE EDGAR MORIN

No segundo capítulo apresentamos as origens e as contribuições da teoria da informação, da cibernética e da TGS para a elaboração e o desenvolvimento do pensamento complexo de Morin. Vimos que essas disciplinas apresentam ideias que remetem à complexidade, mas que acabam também por simplificar de algum modo os objetos que elas estudam. Além disso, há uma separação entre as disciplinas, sendo que cada uma trabalha apenas na sua área e não expande o seu conhecimento para outras áreas.

Todas essas questões de simplificação dos conceitos e da disjunção entre as disciplinas são estudadas pela pensamento complexo proposto por Morin, pois para o autor, o método simplificador ou reducionista opera a divisão entre os fenômenos, entre as áreas dos saberes e também sobre a divisão entre sujeito e objeto.

Para Morin, assim como para Bachelard, o pensamento científico moderno seguiu as ideias reducionistas cartesianas de divisão dos fenômenos em entidades simples e absolutas, entretanto, Bachelard não expõe como esse pensamento ficou gravado na metodologia dos cientistas após Descartes.

Morin afirma que o pensamento cartesiano se tornou o paradigma das ciências da modernidade, pelo fato de propor que poderíamos conhecer clara e distintamente os objetos pela análise e também pela “[...] dissociação entre o sujeito (ego cogitans), remetido à metafísica, e o objeto (res extensa), enfatizando a ciência” (MORIN, 2014, p. 137).

Morin utiliza a ideia de paradigma de Thomas Kuhn que pode ser definido da seguinte forma: “considero ‘paradigmas’ as realizações científicas universalmente

reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade [...]” de cientistas (KUHN, 1975, p. 13).

O paradigma é analisado na obra *O método 4* de Morin e, apesar dele conceber o paradigma na acepção kuhniana, ele faz as suas críticas afirmando que Kuhn deu a este termo um sentido forte e ao mesmo tempo vago. Forte, no sentido que o “[...] paradigma tem valor radical de orientação metodológica, de esquemas fundamentais de pensamento, de pressupostos ou de crenças desempenhando um papel central, detendo assim um poder dominador sobre [...]” as ideias e teorias (MORIN, 2011c, 263). O paradigma seria então aquilo que a partir de seus postulados guiaria todo pensamento e ação de uma comunidade de cientistas. O sentido vago de paradigma seria porque ele “[...] oscila entre sentidos diversos⁹⁰, cobrindo in extremis, de modo difuso, a adesão coletiva dos cientistas a uma visão de mundo” (MORIN, 2011c, p. 263).

Embora seja difícil definir o conceito de paradigma, ele é indispensável para compreendermos as críticas de Morin ao pensamento de cunho simplificador e reducionista e a sua alternativa para a elaboração de um pensamento complexo. Morin propõe então a seguinte definição de paradigma:

um paradigma contém, para todos os discursos que se realizam sob o seu domínio, os conceitos fundamentais ou as categorias-mestras de inteligibilidade, ao mesmo tempo que o tipo de relações lógicas de atração/repulsão (conjunção, disjunção, implicação ou outras) entre esses conceitos e categorias (MORIN, 2011c, 265).

Dessa forma, o paradigma que guiou as pesquisas científicas modernas foi o cartesiano, que buscava analisar os objetos a partir de suas partes simples, reduzindo o objeto a seus componentes sem levar em conta as interações entre eles.

A partir da análise de Morin acerca do paradigma simplificador podemos entender de maneira mais clara o porquê da ciência moderna ter operado reduções e disjunções nos objetos que ela estudava. Podemos pensar nas ideias do mecanicismo, que reduzia a realidade a choques de partículas que, por sua vez,

⁹⁰ Sobre o sentido vago do termo paradigma, Margaret Masterman afirma o seguinte: “Kuhn, naturalmente, com o seu estilo quase poético, torna a elucidação do paradigma autenticamente difícil para o leitor superficial. De acordo com a minha contagem, ele emprega a palavra “paradigma” em pelo menos vinte e um sentidos diferentes em sua *The Structure of Scientific Revolutions*” (MASTERMAN, 1979, p. 75).

foram reafirmados pelo pensamento determinista, pois essas ideias só puderam se impor:

em função da cisão paradigmática entre sujeito e objeto, instituída a partir do século 17. Porque a indeterminação, a contingência e a liberdade puderam ser totalmente ventiladas sobre o sujeito, sobre o espírito humano, o determinismo se impôs de forma absoluta na ciência clássica, o que só aconteceu em função da cisão na visão experimentalista, que extrai seus objetos de seus ambientes, excluindo, por conseguinte, o ambiente (MORIN. 2014, p. 202).

A separação entre sujeito e objeto ocasionou na separação entre os dados objetivos e subjetivos, sendo que os primeiros seriam exclusivamente de uso da ciência enquanto os últimos seriam da esfera da filosofia e da religião. Além disso essa divisão gerou a crença de que o universo poderia ser conhecido de maneira objetiva sem a interferência de um sujeito que poderia atrapalhar na objetividade da pesquisa. Pois, segundo Morin “[...] a ciência ocidental fundamentou-se na eliminação [...] do sujeito a partir da ideia de que os objetos, existindo independentemente do sujeito, podiam ser observados e explicados enquanto tais” (MORIN, 2011a, p. 39).

Dessa forma as doutrinas como o mecanicismo e o determinismo puderam se impor de maneira mais fácil, visto que o sujeito foi totalmente excluído da realidade na crença de que o universo continha em si uma ordem que poderia ser encontrada na análise mais pura da realidade. Através do reducionismo causado pelo pensamento simplificador, outras noções foram simplificadas e ajudaram no desenvolvimento do pensamento determinista, como por exemplo, a redução dos fenômenos da realidade a uma ordem universal.

O paradigma da simplificação é “[...] um paradigma que põe ordem no universo e expulsa dele a desordem” (MORIN, 2011a, p. 59). O pensamento simplificador obriga os cientistas a escolherem um entre dois ou mais termos, de forma a privilegiar o termo escolhido e considera-lo como pensamento principal. O que é contrário ou diverge do termo principal é considerado um erro, como é o caso da desordem, quando a ordem foi privilegiada.

Como o pensamento simplificador reduziu a análise dos objetos as suas partes simples, houve um reducionismo dos fenômenos que eram considerados complexos, pois acreditava-se que estudando minuciosamente as partes isoladas de um objeto poderia se chegar a compreensão do objeto em sua totalidade. Se

tomarmos o homem como exemplo, podemos perceber como operou o pensamento simplificador relacionado a sua compreensão:

O homem é um ser evidentemente biológico. É ao mesmo tempo um ser evidentemente cultural, metabiológico e que vive num universo de linguagem, de ideias e de consciência. Ora, estas duas realidades, a realidade biológica e a realidade cultural, o paradigma de simplificação nos obriga a disjuntá-las ou a reduzir o mais complexo ao menos complexo (MORIN, 2011a, p. 59).

Além de simplificar a concepção de “homem” fazendo com que se divida a pesquisa sobre ele em duas ou mais áreas, essas mesmas áreas pelo próprio princípio de simplificação não conseguem dialogar entre si para compartilharem o resultado das suas pesquisas. As disciplinas então não percebem a complexidade do homem e que as realidades biológicas, culturais e sociais do homem não existem de maneiras isoladas, sendo que cada uma delas precisa uma da outra para poder existir.

O paradigma da simplicidade “[...] separa o que está ligado (disjunção), ou unifica o que é diverso (redução)” (MORIN, 2011a, p. 59). Muitas vezes opera-se também uma redução dos conceitos a um único tipo de realidade, por exemplo, pode-se considerar que os aspectos culturais e sociais do homem se reduzem ao biológico, ou que os aspectos biológicos do homem se reduzem a física, sem levar em conta que os olhares de cada disciplina são diferentes e que elas possuem a sua própria metodologia.

Quando tratamos do conceito de “máquina” no capítulo anterior, procuramos mostrar que alguns fenômenos podem ser vistos a partir desse conceito, mas que eles não se reduzem a ele. Podemos analisar os fenômenos físicos como máquina, assim como os biológicos e culturais, mas os fenômenos não se reduzem a um único conceito, visto que ele é complexo por ser abarcado por várias disciplinas. Os fenômenos podem ser enxergados a partir de suas aproximações e de suas complementaridades, sendo que cada um deles deve ser visto também a partir da visão específica de cada área do saber.

Pode-se levar em consideração o olhar específico de cada disciplina, mas deve-se atentar para que os fenômenos estudados por ela não sejam simplificados ou reduzidos. Apesar da crítica de Morin e de Bachelard ao pensamento simplificador e reducionista, eles consideram que esse pensamento obteve muitos

êxitos, fazendo com que a ciência avançasse muito. Morin afirma que o pensamento simplificador em obsessão por encontrar fenômenos simples:

conduziu à busca da peça elementar com a qual se constituiria o universo. De início acreditou-se encontrar a unidade de base na molécula. O desenvolvimento dos instrumentos de observação revelou que a própria molécula era composta de átomos. Depois nos demos conta de que o átomo era ele próprio um sistema muito complexo, composto de um núcleo e de elétrons. Então, a partícula tornou-se a unidade primeira. Depois nos demos conta de que as partículas elas próprias eram fenômenos que podiam ser divididos teoricamente em quarks. E, no momento em que se acreditou atingir a peça elementar com a qual nosso universo era construído, essa peça desapareceu enquanto peça. A obsessão da simplicidade conduziu a aventura científica às descobertas impossíveis de conceber em termos de simplicidade (MORIN, 2011a, p. 60).

A complexidade não visa destruir o pensamento simplificador, mas englobá-lo em seu pensamento. Quando tratamos sobre a geometria clássica e a física clássica em contraposição as geometrias não-euclidianas e a física não-newtoniana em Bachelard, apontamos que o novo pensamento assimila o pensamento anterior, sem anulá-lo, mas mostrando que os conceitos a partir de então devem ser vistos com um novo olhar, com um olhar mais complexo. O pensamento complexo apresentado por Morin assimila o pensamento simplificador cartesiano, sendo que ele afirma inclusive que:

a simplificação é necessária, mas deve ser relativizada. Isto é, eu aceito a redução consciente de que ela é redução, e não a redução arrogante que acredita possuir a verdade simples, atrás da aparente multiplicidade e complexidade das coisas (MORIN, 2011a, p.102).

Para Morin “o pensamento complexo não recusa de modo algum a clareza, a ordem, o determinismo. Ele os considera insuficientes [...]” (MORIN, 2011a, p. 83) pelo fato de não levarem em consideração a complexidade apresentada pelo desenvolvimento científico. Dessa forma, não se trata de negar em absoluto o conhecimento anterior, mas de integrá-lo dentro do pensamento complexo.

O pensamento simplificador não pode conceber a contraditoriedade e nem o antagonismo sem considerá-los como erros, mas o pensamento complexo visa integrar justamente aquilo que é contrário e antagônico mostrando as suas relações, as suas complementaridades sem esquecer-se das diferenças. É através do método dialógico que o pensamento complexo consegue englobar termos tão antagônicos como ordem/desordem, sujeito/objeto, máquina física/biológica/antropossocial,

simples/complexo e também a unificação de conceitos a partir de disciplinas separadas como a ideia de máquina e aparelho para a física, a biologia e a sociologia.

A partir do reconhecimento de que a ciência foi guiada por um paradigma simplificador, Morin pensa então em uma proposta que possa ser suficiente para que as ciências passem a levar em consideração os aspectos antagônicos, contraditórios e complexos dos saberes e dos fenômenos. Então em oposição e ao mesmo tempo em complementaridade com o pensamento simplificador de tipo cartesiano, Morin afirma a necessidade de um “paradigma da complexidade”. Descreveremos no nosso próximo tópico o aspecto desse paradigma.

3.4 O PARADIGMA DA COMPLEXIDADE E REFLEXÕES SOBRE A CIÊNCIA A PARTIR DE MORIN

O paradigma simplificador comanda a ciência a partir de princípios que regem a simplificação, a redução e a descaracterização da complexidade como se ela fosse apenas uma mera aparência ou que se dissipará no momento que possamos conhecer os fenômenos simples que constituem as coisas.

Além de reduzir os fenômenos às partes simples e de isolar as disciplinas do conhecimento, o pensamento simplificador também separa sujeito e objeto. Como vimos, a separação entre sujeito e objeto não pode ser pensada a partir da proposta de Morin⁹¹, visto que o sujeito encontra-se inserido em uma sociedade e a partir dessa sociedade e de sua cultura, ele cria, estuda e aprende sobre os objetos que se encontram no mundo. Morin afirma que:

vivemos sob o império dos princípios de disjunção, de redução [...] cujo conjunto constitui o que chamo de o “paradigma da simplificação”. Descartes formulou este paradigma essencial do ocidente, ao separar o sujeito pensante (ego cogitans) e a coisa entendida (res extensa), isto é, filosofia e ciência, e ao colocar como princípio de verdade as ideias “claras e distintas”, ou seja, o próprio pensamento disjuntivo (MORIN, 2011a, p. 11).

Na concepção de Morin, a separação entre filosofia e ciência foi resultado do processo redutor e disjuntivo do paradigma simplificador. Tal separação se tornou, com tempo, nociva à ciência pelo fato dela não conseguir mais pensar e refletir

⁹¹ Nem para Bachelard a separação entre sujeito e objeto pode ser pensada, visto que o autor defende que a ciência contemporânea realiza a junção entre sujeito e objeto.

sobre si própria. Nas palavras de Morin: “a teoria científica oculta ou repele os problemas filosóficos fundamentais, daí a sua inaptidão a pensar a si mesma” (MORIN, 2011c, p. 311).

Partia-se da ideia de que a ciência estudava o mundo a partir da precisão, das medidas e da matemática, enquanto o sujeito poderia introduzir juízos de valores que poderiam atrapalhar a pesquisa científica. A matemática tinha o papel de descrição dos fenômenos da realidade e era uma ferramenta útil devido a sua precisão e a sua exatidão, enquanto o sujeito poderia fazer com que as suas opiniões, os seus juízos e suas crenças atrapalhassem na pesquisa objetiva.

As ciências do período moderno operaram a partir do paradigma simplificador, operando as disjunções entre as disciplinas e entre sujeito/objeto, e de acordo com Morin: “O paradigma que triunfará em física, ciência primeira e rainha até o início do século XX, tira ao mesmo tempo, a sua fecundidade e a sua carência da rejeição de toda subjetividade” (MORIN, 2011c, p. 279).

A física da ciência moderna atinge êxitos enormes no campo da astronomia, da mecânica, da ótica que representaram avanços inegáveis no pensamento científico ocidental, mas por outro lado, a carência da física reside justamente na eliminação do sujeito (observador), que como vimos, tem um papel muito importante com a descoberta do princípio da incerteza de Heisenberg, mas, além disso, a física não reconheceu a sua origem cultural, histórica e social, no sentido de que ela não reconhecia que foi criada dentro de uma sociedade, por sujeitos e que possui uma história ligada a sociedade em que ela foi desenvolvida. Por causa dessa carência, a física “[...] apagou toda a possibilidade de reflexividade sobre si mesma, toda possibilidade de conhecer o processo descontrolado que a arrasta para a manipulação e para a destruição desenfreadas” (MORIN, 2011c, p. 279).

A carência do observador para o pensamento científico ocasionou na perda da própria reflexão sobre o poder da ciência perante a sociedade. A ciência não estuda somente o funcionamento do universo e dos seus fenômenos sem interferir no ambiente, ao contrário, o desenvolvimento científico é capaz de interferir de maneira significativa no meio-ambiente assim como na sociedade.

Embora a ciência tenha se desenvolvido muito, sem levar em consideração a reflexão propriamente dita sobre o observador, ela trouxe alguns traços negativos oriundos da simplificação. Morin apresenta cinco aspectos negativos do desenvolvimento científico sem a reflexão sobre a atividade científica:

1) Primeiramente, a divisão das ciências em disciplinas “[...] não traz unicamente as vantagens da divisão do trabalho, [...] mas também os inconvenientes da superespecialização: enclausuramento ou fragmentação do saber⁹²” (MORIN, 2014, p. 16). A divisão do trabalho em disciplinas isoladas permite a especialização de um grupo de cientistas dentro de uma disciplina fazendo com que a investigação consiga progredir e se desenvolver, entretanto, o aspecto negativo da especialização é quando a ciência ou o cientista fica fechado dentro da sua própria área do saber, sem dialogar os resultados da sua investigação com outros cientistas ou até mesmo fazer relações com outras ciências. Além disso, o cientista se especializa na sua área e torna-se cego para o conhecimento de outras áreas do saber.

2) A separação entre sujeito e objeto causa uma disjunção entre as ciências da natureza e as ciências humanas. A perspectiva das ciências da natureza:

exclui o espírito e a cultura que produzem essas mesmas ciências, e não chegamos a pensar o estatuto social e histórico das ciências naturais. Do ponto de vista das ciências do homem, somos incapazes de nos pensar, nós, seres humanos dotados de espírito e de consciência, enquanto seres vivos biologicamente constituídos. (MORIN, 2014, p. 16, 17)

Mencionamos no capítulo anterior sobre o fato das ciências não levarem em consideração que são produzidas dentro de uma sociedade por uma cultura e dentro de um contexto histórico. A desconsideração dos aspectos sociais e culturais como entidades que possibilitam o desenvolvimento científico leva a simplificação do conhecimento científico, pois esquece-se que os conceitos criados pelas ciências servem para que possamos compreender melhor a nossa situação no universo, assim como no desenvolvimento do pensamento, que ajuda no desenvolvimento da cultura, que por sua vez retroage propiciando o desenvolvimento da ciência.

3) As ciências antropossociais adquiriram o pensamento simplificador das ciências naturais, criando inclusive superespecialistas em determinadas áreas, mas sem obter as vantagens da simplificação e da especialização das ciências da natureza. Os conceitos simplificados de “[...] homem, de indivíduo, de sociedade, que perpassam várias disciplinas, são de fato triturados ou dilacerados entre elas,

⁹² Vimos que para Bachelard a especialização não significa uma simplificação, já que o cientista parte de um método complexo pra estudar o real, e compartilha os seus descobrimentos com a comunidade científica. Para Morin, a superespecialização é o fechamento do cientista em sua própria área do saber, sem exercer diálogo, nem troca de ideias com outras áreas do saber.

sem poder ser reconstituídos pelas tentativas interdisciplinares” (MORIN, 2014, p. 17).

4) Morin (MORIN, 2014, p. 17) afirma que de maneira paradoxal adquiriu-se um conhecimento significativo nas mais variadas áreas do saber, em que questões profundas sobre a origem do universo, sobre o homem, sobre a natureza, a vida, a sociedade e etc. foram aprofundadas de maneira significativa pelas ciências, entretanto, parece que com o crescente acúmulo de informação sobre os mais variados temas é acompanhado por uma crescente carência de reflexão, meditação e discussão entre os não-cientistas sobre os problemas levantados pela ciência. Parece que há um desinteresse profundo dos não-cientistas sobre as descobertas e os avanços realizados pela ciência.

5) O último traço negativo da ciência tem a ver justamente com a falta da reflexão sobre o enraizamento da ciência na sociedade e cultura em que ela foi criada. A exclusão do aspecto social dentro das descobertas científicas faz com que não se saiba exatamente se essas descobertas serão benéficas ou destruidoras para a sociedade em geral⁹³. Para Morin (MORIN, 2014, p. 18), sabemos desde o incidente em Hiroshima que o desenvolvimento científico possui a capacidade de destruir a humanidade, que as descobertas científicas sobre o funcionamento do corpo e do cérebro podem intervir em nossa afetividade, em nossa inteligência e em nossa sensibilidade.

Além da disjunção entre as reflexões sobre as relações entre ciência e sociedade, a própria especialização dos cientistas é um entrave para uma reflexão

⁹³ Citamos aqui um exemplo de que os aspectos prejudiciais e benéficos do desenvolvimento científico podem ser ignorados até mesmo pelos cientistas que realizam as descobertas. Segue aqui um trecho do diálogo entre os físicos Heisenberg e Carl Friedrich Von Weizsäcker, um dia após a explosão da bomba atômica em Hiroshima: “Carl Friedrich abriu a conversa com esta pergunta delicada: «É compreensível que Otto Hahn esteja desesperado pelo facto de a sua maior descoberta científica se ligar agora ao opróbrio desta catástrofe inconcebível. Porém, terá razão ao sentir-se, de certo modo, culpado? Sê-lo-á mais do que nós, que colaborámos igualmente no domínio da física atômica? Somos todos corresponsáveis deste desastre? Em que consiste afinal essa culpa?» Tratei de lhe responder assim: «Não creio que tenha sentido aplicar aqui a palavra «culpa», mesmo que, de alguma maneira, estejamos enredados em toda esta trama. Otto Hahn e nós interviemos no desenvolvimento da ciência moderna. Esta evolução é um processo vital por que há séculos a humanidade se decidiu, ou, pelo menos, os Europeus; se quisermos uma expressão mais cuidada, por onde a humanidade se aventurou. Sabemos por experiência que este processo pode levar ao bem e ao mal. Mas estávamos convencidos [...] de que com o crescimento do saber prevaleceria o bem e que poderíamos dominar as possíveis consequências negativas. A possibilidade de concepção das bombas atômicas não poderia imaginá-la Hahn nem nenhum de nós, antes da descoberta da fissão do urânio, já que a física da época não permitia entrever caminho algum neste sentido. Não pode qualificar-se de culpa a intervenção neste processo vital do desenvolvimento da ciência.»” (HEISENBERG, 1971, p. 273, 274).

mais ampla sobre as descobertas que eles realizam. Dentro da sociedade a ciência é uma atividade que interessa ao Estado, e as pesquisas são motivadas geralmente pelos interesses do Estado. O cientista muitas vezes não pode refletir sobre os poderes criados pela ciência, e esses poderes que estão:

em migalhas no nível da investigação, encontra-se reconcentrado no nível dos poderes econômicos e políticos. De certo modo, os cientistas produzem um poder sobre o qual não têm poder, mas que enfatiza instâncias já todopoderosas, capazes de utilizar completamente as possibilidades de manipulação e de destruição provenientes do próprio desenvolvimento da ciência (MORIN, 2014, p. 18).

A disjunção entre a ciência e os seus aspectos históricos/sociais levaram a carência da reflexão sobre as suas relações, e dessa forma, muitos cientistas não levaram em consideração que suas descobertas poderiam beneficiar ou prejudicar a sociedade em que eles mesmo estão inseridos.

Com esses cinco traços negativos, ou obstáculos da ciência, pudemos perceber que há um progresso do conhecimento científico de maneira que jamais foi vista em toda a história, mas ao mesmo tempo há um progresso da ignorância e do desconhecimento tanto dos cientistas quanto dos não-cientistas sobre esses desenvolvimentos e os seus efeitos na sociedade. Há também progressos dos efeitos benéficos/nocivos da ciência à sociedade e progresso “[...] ampliado dos poderes da ciência, paralelo à impotência ampliada dos cientistas a respeito desses mesmos poderes” (MORIN, 2014, p. 18).

O paradigma simplificador ao separar sujeito e objeto propiciou o desenvolvimento científico da ciência moderna, porém, na contemporaneidade temos que levar em consideração a junção entre esses termos e a relação entre ciência e sociedade, visto que a ciência é uma prática movida pelos interesses sociais e do Estado e dessa forma, temos que conceber que:

a ciência está no âmago da sociedade e, *embora bastante distinta dessa sociedade, é inseparável dela*, isso significa que todas as ciências, incluindo as físicas e biológicas, são sociais. Mas não devemos esquecer que tudo aquilo que é antropossocial tem uma origem, um enraizamento e um componente biofísico (MORIN, 2014, p. 20, grifo do autor).

O paradigma de simplificação não consegue mais acompanhar as demandas da complexidade dos fenômenos apreendidos pelas ciências, assim como a importância de se conceber o enraizamento da ciência no seio social. O pensamento

simplificador que guiou o pensamento científico do período moderno postulava que a complexidade dos fenômenos podia ser dissolvida em partes simples, e que a diversidade de coisas poderiam ser explicadas a partir de princípios simples. Na concepção de Morin (MORIN, 2014, p. 27) a simplificação era realizada a partir da separação e da redução dos elementos de um sistema. A separação isola as partes de um fenômeno, assim como os objetos do seu ambiente e o objeto de seu observador, enquanto a redução unifica tudo aquilo que é diverso e múltiplo.

Esses são os problemas do paradigma simplificador no ponto de vista de Morin, e a solução do autor é que no lugar desse paradigma seja instaurado um paradigma da complexidade que possa levar justamente em questão as interações, as contradições, os antagonismos, as diferenças e as complementaridades dos objetos e das áreas do saber.

Morin afirma que “[...] surge a necessidade de um princípio de explicação mais rico do que o princípio de simplificação (separação/redução) [...]” (MORIN, 2014, p. 30) que é justamente um princípio de complexidade. No decorrer do nosso trabalho apresentamos problemas relacionados a simplificações e aos reducionismos dentro das áreas científicas como a física, a biologia e a antropossociologia e em oposição a esses problemas, o paradigma da complexidade poderia ser definido como o “[...] conjunto dos princípios de inteligibilidade que, ligados uns aos outros, poderiam determinar as condições de uma visão complexa do universo (físico, biológico, antropossocial)” (MORIN, 2014, p. 330).

O paradigma da complexidade não visa eliminar o pensamento simplificador e reducionista, ele visa mostrar que os objetos são apenas simplificados por causa de uma forma de pesquisa e que na realidade os objetos simples não existem. O paradigma simplificador reduzia o conhecimento de um conjunto ou um todo às suas partes simples e isoladas, enquanto o paradigma da complexidade levaria em consideração o reconhecimento de que é impossível conhecer o objeto de maneira completa isolando os seus componentes. Dessa forma há a “[...] necessidade de ligar o conhecimento dos elementos ou partes ao dos conjuntos ou sistemas que elas constituem” (MORIN, 2014,p. 332).

Além é claro da ligação do conhecimento das partes ao todo e do todo às partes, o paradigma da complexidade também exige a ligação do sujeito ao objeto dentro da pesquisa, levando em consideração o aspecto do sujeito como observador das experiências científicas e como construtor da objetividade. O observador parte

de um método para observar e analisar o real, e dessa forma, se o método for simplificador, o observador apenas encontrará os objetos simples durante a sua pesquisa.

Um objeto ou termo que se torna simplificado não pode fazer com que nele se inscrevam os seus aspectos multidimensionais. Além é claro de que uma ideia simples torna correto ou verdadeiro tudo aquilo que lhe aparece claramente, enquanto, aquilo que se pode pensar de contraditório seria considerado uma ilusão e um erro. Podemos pensar no caso da ordem que era considerada um fenômeno universal, que era considerado em essência aquilo que regia o universo. Essa ideia simples tornava a ideia de desordem como um erro, somente porque ela era contrária a ideia principal.

A ideia de pensar a ordem junto com a desordem só pode ser feita a partir de um pensamento que integre os pontos de vista, levando em consideração que eles se complementam e que um origina o outro. Pensar dialogicamente os dois termos levando em consideração as suas relações e as suas diferenças faz parte de um pensamento que pensa complexamente. Para Morin:

Atualmente, vemos que existe uma crise da explicação simples nas ciências biológicas e físicas: desde então, o que parecia ser resíduo não científico das ciências humanas, a incerteza, a desordem, a contradição, a pluralidade, a complicação etc., faz parte de uma problemática geral do conhecimento científico (MORIN, 2014, p. 177).

O problema das ideias simples é que elas mascaravam os aspectos multidimensionais dos fenômenos, além é claro de impedir que os cientistas pensem de maneira alternativa sobre o objeto que eles estudam. O problema das ideias simples passa diretamente pelo pensamento de Bachelard e de Morin, sendo que cada autor analisa à sua maneira a configuração dos problemas relacionados a essas ideias. A complexidade também é analisada pelos autores de maneira diferente e gostaríamos de apresentar as semelhanças e diferenças entre os autores levando em consideração a crítica que eles fazem as ideias simples e da complexidade.

3.5 ASPECTOS DO PENSAMENTO COMPLEXO DE GASTON BACHELARD E EDGAR MORIN

No decorrer de nosso trabalho tratamos de especificar a compreensão de Bachelard e Morin sobre o problema da complexidade, fazendo algumas comparações entre os autores, e procurando deixar algumas ideias que consideramos importantes para o final dessa pesquisa.

O ponto que fez com que nos interrogássemos sobre uma possível aproximação entre Bachelard e Morin foi justamente a declaração de Morin, de que para ele, Bachelard teria tratado de maneira original:

o problema da complexidade; ele percebeu que, no universo, não existe o simples, só o simplificado e, assim, ele percebeu a atividade simplificadora do conhecimento científico. Na minha opinião, seu pensamento continua surpreendentemente forte em muitos outros campos. [...] No meu pensamento, no meu trabalho, dou uma importância considerável a Bachelard (MORIN, 2014, p. 62).

Na concepção de Alhadeff-Jones (ALHADEFF-JONES, 2008, p. 68) “Em 1934 [...] Bachelard, foi provavelmente o primeiro a legitimar epistemologicamente o papel da complexidade como um ideal para as ciências contemporâneas”. Não acreditamos que Bachelard tenha desenvolvido propriamente uma “epistemologia da complexidade” e sim, um pensamento sobre a complexidade.

Ao estudarmos Bachelard e Morin encontramos pontos de convergência e também divergências sobre o modo que eles entendem a questão da complexidade. Veremos os pontos de convergência primeiramente, e na sequência, destacaremos os pontos de divergência entre os autores.

A) Pontos de convergência:

Os pontos de convergência entre os autores encontram-se na crítica às ideias simples e absolutas, além de perceber-se que “[...] ambos os autores (Bachelard e Morin) criticam o pensamento científico clássico, evocando a ideia da complexidade na ciência” (OLIVEIRA; RODRIGUES, 2007, p. 164).

O ponto de convergência entre os autores começa quando ambos concebem que tanto as ideias simples como as questões relacionadas ao reducionismo se originam a partir de um pensamento simplificador que visa reduzir os fenômenos a entidades simples. Esse pensamento reducionista na concepção de Bachelard e Morin tem origem com as ideias cartesianas, sendo que “[...] ambos (Bachelard e

Morin) afirmam a necessidade de um afastamento do rigor determinista e das idéias simples do tipo cartesianas [...]” (OLIVEIRA; RODRIGUES, 2013, p. 196).

O ideal cartesiano deu origem ao pensamento determinista que defendeu a ideia de que a realidade deveria ser reduzida a elementos simples que se fossem claramente conhecidos poderiam nos informar sobre o funcionamento do universo e dos seus fenômenos.

Na concepção de Oliveira e Rodrigues (OLIVEIRA, RODRIGUES, 2013, p. 197), “segundo Bachelard, o rigor determinista é inspirado pela intuição das formas simples, assim, a concepção matemática do Mundo e o determinismo compreendem [...]” a ordem primordial. Morin também compartilha sobre a ideia do pensamento determinista ser fruto de um pensamento de tipo simples, que postulou a divisão da natureza em elementos simples e absolutos originado pelo paradigma simplificador, além de afirmar em consonância com Bachelard que a ordem foi postulada como elemento fundamental pelo pensamento reducionista.

Para Bachelard e Morin, o pensamento simplificador e reducionista originado com os ideais cartesianos foi o modo de pensamento guia das pesquisas da ciência moderna. A busca infundável pelo elemento simples que pudesse explicar a natureza de todos os fenômenos foi a inspiração motivada por um pensamento de tipo simplificador.

O ideal determinista do período moderno expulsava a desordem e reduzia a multiplicidade dos fenômenos a entidades de natureza simples. Os cientistas da modernidade acreditavam numa objetividade pura, que caso as suas leis fossem conhecidas a partir do método científico revelaria o funcionamento do universo.

A separação entre sujeito e objeto resultou na crença de que existe um mundo objetivo independente do sujeito, e dessa forma, bastaria que se conhecesse e descrevesse perfeitamente a objetividade do mundo para que ele fosse conhecido de maneira perfeita. Vimos que tanto Bachelard (BACHELARD, 1977, p. 7) quanto Morin (MORIN, 2011a, p. 11) se opõem a qualquer ideia que remeta a separação entre sujeito e objeto.

A relação entre sujeito e objeto dentro do pensamento científico contemporâneo é um ponto de concordância entre Bachelard e Morin, embora os dois autores pensem de maneira diferente sobre a relação entre eles. Para Bachelard, vimos que o erro das filosofias clássicas foram o de não ter dialogado entre si sobre o objeto que estudavam. O empirismo de um lado queria explicar o

mundo a partir do ponto de vista objetivo, enquanto do outro, o racionalismo apoiava-se no sujeito, ora, ambas as filosofias tentavam explicar o mundo a partir dos seus princípios, mas não procuravam juntar os seus diálogos para entender que o mundo pode se apresentar tanto de uma maneira como de outra.

O desenvolvimento da ciência contemporânea, além de apresentar o aspecto complexo dos fenômenos, trouxe a tona também o problema do sujeito/objeto. Na contemporaneidade muitos fenômenos são descobertos através da intervenção do sujeito na prática científica, isto é, a partir da interação entre sujeito e objeto, entre a teoria e a atividade prática. Bachelard fez uma leitura da ciência a partir da interação entre a atividade prática e a conceitual, e segundo Lecourt (LECOURT, 1975, p. 11) para os filósofos “[...] seria de grande vantagem eles não negligenciarem as aquisições das ciências contemporâneas”, isto é, não tentarem reduzir o pensamento científico somente ao sujeito ou ao objeto.

O racionalismo aplicado permite pensar a relação entre sujeito e objeto, o caráter inventivo da matemática, assim como a complexidade apresentada pela ciência contemporânea, sendo que a ideia de “aplicação” para Bachelard pode ser concebida como a ligação entre sujeito e objeto e também a unificação a pesquisa de sujeitos dentro de uma comunidade científica.

A mente e o objeto se unem quando o cientista teorizador desenvolve uma teoria e precisa aplicá-la de maneira instrumental para encontrar o objeto previsto pela teoria. Dessa forma, prótons, curvaturas do tempo-espaço entre outras coisas, só foram reveladas primeiramente por um sujeito ou uma comunidade de sujeitos que previram o fenômeno antes de constata-los empiricamente no mundo objetivo.

A ligação entre os sujeitos na comunidade científica dá-se através do enraizamento do cientista dentro de um grupo de cientistas que se especializa para resolver determinados problemas. A atividade científica para Bachelard é complexa, visto que une sujeito e objeto e também enraíza a ciência dentro de uma comunidade científica.

Bachelard parte de uma análise sobre o papel criador da matemática na ciência contemporânea e através dela consegue realizar a junção entre sujeito e objeto. Além disso, a matemática aponta também para aspectos da realidade que a experiência de maneira isolada jamais conseguiria descrever, e é justamente a matemática em sua sede de expansão, que apresenta a complexidade dos fenômenos da realidade.

A origem da desordem é analisada de maneira similar por Bachelard e Morin, e ambos atribuem à termodinâmica o surgimento da desordem ou do indeterminismo, e também, percebem que a crença em uma ordem universal rechaça a desordem como se fosse um erro. Para os autores, o pensamento simplificador “[...] não podia enfrentar a complexidade da relação sujeito-objeto, ordem-desordem” (MORIN, 2014, p. 168).

Após havermos apresentado os pontos de concordância no pensamento de Bachelard e Morin, gostaríamos de apresentar alguns pontos de divergência entre o pensamento dos autores.

B) Pontos de divergência:

É a partir de um estudo sobre o papel da matemática como ferramenta criadora que Bachelard desenvolveu as suas reflexões sobre a complexidade. Morin, por sua vez, parte de outros caminhos para tentar entender o surgimento do problema da complexidade. Vimos que Morin esbarra também na problemática disjunção entre sujeito e objeto, mas o seu modo de compreensão sobre esse problema envolve os seus estudos sobre outras áreas de pesquisa que o levaram a elaborar uma proposta diferente de Bachelard sobre o pensamento complexo.

Morin parte dos estudos sobre a teoria da informação, da cibernética, da TGS e da auto-organização para tentar desenvolver uma proposta que trate do surgimento da complexidade a partir do desenvolvimento científico contemporâneo, diferente de Bachelard que parte da utilização da matemática como instrumento criador. Todas essas disciplinas, utilizadas por Morin, forneceram ferramentas para que o autor pudesse estudar a complexidade e, além disso, o autor complexificou os conceitos dessas disciplinas ao apontar o uso dessas ferramentas em áreas que não eram as de origem.

Morin alarga a ideia de sistema da T.G.S, o conceito de informação da cibernética e da teoria da informação, e ideia de retroação são complexificadas, saindo dos campos de origem e fazendo as ligações entre as disciplinas da física, da biologia e da antropossociologia. Para Morin:

A separação sujeito/objeto é um dos aspectos essenciais de um paradigma mais geral de separação/redução, pelo qual o pensamento científico ou distingue realidades inseparáveis sem poder encarar sua relação, ou

identifica-as por redução da realidade mais complexa à menos complexa. Assim, física, biologia, antropossociologia tornaram-se ciências totalmente distintas, e quando se quis ou quando se quer associá-las é por redução do biológico ao físico-químico, do antropológico ao biológico (MORIN, 2014, p. 138).

Como vimos, a ligação entre as disciplinas na perspectiva de Morin, deu-se através da complexificação do conceito de máquina, revelando que os fenômenos físicos, biológicos e antropossociais funcionavam a partir da conjunção entre ordem, desordem e organização. Esses três termos representavam um papel essencial no pensamento de Morin, pois o autor procura um método que consiga abarcar os aspectos complementares e ao mesmo tempo antagônicos desses conceitos.

Enquanto Bachelard defendia a ideia de que as filosofias não dialogavam entre si acerca do pensamento científico, Morin parte da ideia de que as ciências e disciplinas não dialogavam entre elas. Bachelard parte de uma crítica direcionada a filosofia que não conseguia compreender o desenvolvimento da ciência, enquanto Morin parte da problematização sobre a falta de diálogo entre as ciências e seus conceitos.

Para Bachelard a “epistemologia não-cartesiana” seria uma condenação a todas as doutrinas que defendem as ideias simples e absolutas, porém há uma diferença essencial entre esse pensamento e o pensamento complexo desenvolvido por Morin. Nas palavras de Nsonsissa (NSONSISSA, 2013, p. 82): “a epistemologia dita não-cartesiana não faz necessariamente jus à epistemologia da complexidade (de Morin)”.

A “epistemologia não-cartesiana” de Bachelard se caracteriza como uma forma de racionalismo aberto⁹⁴ que procura relativizar noções absolutas e conceitos científicos⁹⁵. O pensamento complexo de Bachelard é desenvolvido para tornar as reflexões sobre o conhecimento científico suscetíveis a críticas⁹⁶, ao contrário do pensamento cartesiano que procurava fundar o pensamento em ideias absolutas e evidentes. Já o pensamento complexo de Morin, não se fundamenta

⁹⁴ Nas palavras de Fonseca (FONSECA, 2008, p. 361): “A epistemologia de Bachelard rompe com as evidências cartesianas, propõe uma pedagogia do pensamento complexo e reafirma a necessidade de sempre reler o simples sob o múltiplo e a partir de uma visão de complexidade. [...] Ao romper com epistemologia cartesiana, essa forma de pensamento busca o complexo e o indeterminado, ensejando os fundamentos epistemológicos da razão aberta e do espírito científico”. Para Bachelard (BACHELARD, 1978a, p. 12), a ciência contemporânea caminha em direção a um desenvolvimento e uma coerência racional.

⁹⁵ Morin afirma de maneira similar, que “[...] a simplificação é necessária, mas deve ser relativizada” (MORIN, 2011^a, p. 138).

⁹⁶ Cf. Nsonsissa, (NSONSISSA, 2013, p. 85).

especificamente em uma teoria de tipo racionalista, o pensamento de Morin “[...] implica uma abordagem que se constrói além da racionalidade e requer uma orientação científica não doutrinal⁹⁷” (NSONSISSA, 2013, p. 12).

Bachelard afirma que o movimento do pensamento científico contemporâneo “[...] vai do racionalismo à experiência” (BACHELARD, 1978a, p. 5). Dessa forma, o pensamento complexo de Bachelard parte da teorização matemática para descobrir a complexidade escondida sobre a aparência simples dos fenômenos. Morin (MORIN, 2011a, p. 14) não parte de um método racionalista para tentar compreender a complexidade, mas sim dos problemas das suas reflexões sobre o desenvolvimento das ciências naturais.

Outra diferença estaria também na definição da ideia de “complexidade” entendida por Bachelard e Morin. Bachelard em suas obras não oferece uma definição clara do que entende por complexidade⁹⁸. O grande mérito de Bachelard na concepção de Morin (MORIN, 2014, p. 62), foi que Bachelard foi o primeiro autor a trazer a complexidade como conceito essencial para o pensamento científico, entretanto, há uma diferença na concepção de “complexidade” entre os dois autores.

Nsonsissa (NSONSISSA, 2013, p. 93) afirma que o pensamento de Bachelard não segue estritamente a ideia de um pensamento complexo, pois Bachelard algumas vezes usa a ideia de “complicação” no lugar de “complexidade”. Quando Bachelard trata da questão do pensamento reducionista não dar conta de compreender os microfenômenos, ele afirma que “as ideias simples precisam de ser complicadas para poderem explicar os microfenômenos” (BACHELARD, 1978c, p.54). Isto é, só poderíamos ter uma noção do que acontece em um mundo subatômico, se desdobramos os conceitos simples de espaço e tempo da ciência clássica.

⁹⁷ Morin compreende doutrina como “[...] todo sistema de idéias que se fecha sobre si mesmo e se fecha a tudo aquilo que o contesta externamente. Tal sistema não pode "digerir" as idéias ou os dados que lhe são contrários; rejeita-os como se lhes fosse alérgico. Essa "clausura" caracteriza a doutrina” (MORIN, 2014, p. 171). Não acreditamos que o pensamento de Bachelard por se apoiar em um tipo de racionalismo possa ser chamado de doutrinal, no sentido dado por Morin, visto que o pensamento defendido por Bachelard afirma que o pensamento científico deve aceitar as críticas exteriores e que o racionalismo é uma filosofia que deve sempre se colocar em risco (BACHELARD, 1978a, p. 19).

⁹⁸ Conforme Nsonsissa (NSONSISSA, 2013, p. 76). Nesse artigo o autor afirma que “na sua obra ‘Epistemologia’, Bachelard destaca «as categorias principais da epistemologia». Ele cita: «o racionalismo aplicado», «o racionalismo dialético». Além disso, ele apenas define «os conceitos fundamentais do racionalismo aplicado», «a noção de objetividade», «a noção de problemática», «a noção de método científico», «a noção de aplicação», «a noção de obstáculo epistemológico». Mas, em nenhuma parte aparece o conceito de complexidade”.

Sobre o pensamento cartesiano, Bachelard ainda afirma que: “[...] o método cartesiano que consegue tão bem explicar o Mundo, não consegue complicar a experiência, o que é a verdadeira função da investigação objectiva” (BACHELARD, 1978c, p. 99). A objetividade⁹⁹ bachelardiana se dá através da relação entre matemática e aplicação, sendo que o fenômeno objetivo é complexo pelo fato da matemática revelar as relações intrínsecas desse fenômeno. Além disso, Bachelard (BACHELARD, 1978c, p. 105) afirma que “a aplicação é complicação”.

Segundo Nsonsissa (NSONSISSA, 2013, p. 93) “na visão moriniana, é absurdo confundir complicação e complexidade”. O termo complicado remete-se muitas vezes a um assunto de difícil compreensão ou resolução, ou uma questão que possui muitos aspectos, e para Morin:

A complexidade não é complicação. O que é complicado pode reduzir-se a um princípio simples, como uma madeixa emaranhada ou um nó de marinheiro. Certamente o mundo é muito complicado mas, se ele fosse apenas complicado, quer dizer, emaranhado, multidependente etc., bastaria operar com as reduções bem-reconhecidas: jogo entre alguns tipos de partículas nos átomos, jogo entre 92 tipos de átomos nas moléculas, jogo entre quatro bases do “código genético”, jogo entre alguns fonemas na linguagem. (MORIN, 2003, p. 45)

Essas reduções são insuficientes para descrever a complexidade da realidade, e dessa forma, deve-se evitar a associação da complexidade com a ideia de complicação. Segundo Morin é difícil definir o termo “complexidade” visto que ela é usada por diversos autores em áreas diferenciadas, “embora os autores [...] tenham por vezes uma opinião diferente sobre o termo “complexidade”, quase todos diferenciam ‘complexidade’ e ‘complicação’” (MORIN, 2003, p. 52).

Pode-se estabelecer uma demarcação entre o pensamento complexo de Bachelard e Morin dentro desse problema da “complicação” e da “complexidade”, visto que para Morin a complexidade não pode rumar para a simplicidade nem para o reducionismo, para Morin a “complexidade é sempre complexa” (NSONSISSA, 2013, p. 93).

Morin (MORIN, 2014, p. 62) não cita diretamente que Bachelard tenha confundido “complicação” com “complexidade”, ele somente afirma a respeito de

⁹⁹ Nas palavras de Barbosa (BARBOSA, 1982, p. 137) “O objeto não se dá mais ao sujeito de uma forma subjetiva como um conhecimento imediato, mas objetivamente através da razão. Uma ida ao objeto não é inicialmente objetiva. O novo espírito científico não parte mais da experiência, da evidência empírica, mas da razão”.

Bachelard que as suas ideias foram importante por trazerem a tona o problema da complexidade, embora a ideia da complexidade tenha vindo a tona somente com o artigo de Weaver¹⁰⁰.

Acreditamos ter esboçado nesse tópico e durante o nosso trabalho, as semelhanças e as diferenças essenciais entre o pensamento de Bachelard e Morin sobre a complexidade, desde os pontos de partida dos autores, as inspirações e os conceitos desenvolvidos por eles. Acreditamos que o principal ponto de diferença entre os autores são as teorias que embasam o pensamento dos autores e o entendimento que cada um tem pela ideia de “complexidade”. Por sua vez, os pontos de semelhança são as críticas ao pensamento cartesiano, o desdobramento das ideias simples e a valorização dos aspectos complementares e antagônicos dos fenômenos.

Entender os aspectos antagônicos e complementares dos fenômenos é pensar de maneira complexa, pois o pensamento reducionista apenas leva em consideração um único aspecto dos fenômenos, por exemplo, onda/partícula, ordem/desordem, sujeito/objeto foram reduzidos a apenas um desses aspectos pelo pensamento simplificador pelo fato de que o reducionismo não consegue conceber argumentos considerados antagônicos. A complexidade visa além do antagonismo, apresentar a complementaridade entre esses termos sem reduzi-los a ideias simples.

Morin critica as ideias simples e aponta de maneira semelhante a Bachelard que elas foram produto de um pensamento simplificador, e, além disso, ambos afirmam que a complexidade emerge na ciência contemporânea, e que não há um pensamento que de conta desse aspecto do real.

Dessa forma, o objetivo dos autores é apresentar um pensamento que seja uma alternativa ao pensamento simplificador, e que possa compreender os aspectos complexos apresentados pela ciência. Bachelard elabora uma “epistemologia não-cartesiana” enquanto Morin propõe um “paradigma da complexidade”.

A proposta dos autores para um pensamento que seja alternativo ao pensamento simplificador de origem cartesiana, não nega os desenvolvimentos do método simplificador para a ciência, assim como não se trata de negar o pensamento de tipo cartesiano, trata-se de apresentar outra perspectiva que

¹⁰⁰ Confira a página 69 dessa dissertação, no segundo capítulo, tópico “2.1”.

englobe o pensamento reducionista, mas leve em consideração o problema da complexidade que é necessário para se pensar a ciência contemporânea.

Bachelard questiona-se sobre os aspectos de síntese do pensamento cartesiano, será que a simples junção dos elementos de um todo permite o claro conhecimento desse todo? Para o autor:

Parece-nos antes que a inspiração cartesiana permanece analítica em sua própria construção, pois, para Descartes, a construção somente fica clara se ela se fizer acompanhar duma espécie de consciência da destruição. Com efeito, aconselham-nos reler sempre o simples sob o múltiplo, enumerar sempre os elementos da composição. Jamais uma idéia composta será apreendida em seu valor de síntese. Jamais se dará atenção ao realismo da composição, à força da emergência (BACHELARD, 1978, p.161)

O pensamento cartesiano não pode dar conta dos aspectos emergentes dos fenômenos, pois não concebe o papel da interação das partes de um objeto. A emergência é resultado de uma interação complexa entre as partes de um fenômeno, e obviamente um pensamento reducionista que acredita que unicamente a soma das partes simples é o principal para compreender completamente um objeto, não poderia jamais entender o caráter emergencial dos fenômenos.

Morin parte da ideia de que o pensamento cartesiano tornou-se um paradigma para a ciência moderna, e que esse pensamento tornou-se o guia de pesquisa dos cientistas até o período contemporâneo, onde o pensamento simplificador já não conseguia mais descrever claramente o caráter complexo apresentado pelas ciências.

Para Morin, o próprio fato de se pensar o problema do pensamento em termos de paradigma significa:

reconhecer o nó górdio que liga todas as instancias cerebrais, espirituais, [...] culturais, sociais. É já ser capaz de desobedecer ao principio de redução/disjunção e saber, ao mesmo tempo implicar e distinguir. A consciência da noção de paradigma significa que já se está separado do paradigma clássico (MORIN, 2011c, p. 294).

O paradigma simplificador não permite que se pense em termos de paradigma, pois “a natureza do paradigma só pode ser concebida e compreendida através de um pensamento apto a reconhecer dialógica, recursividade e multidimensionalidade, isto é, um pensamento complexo” (MORIN, 2011c, p. 294).

Como vemos o pensamento de tipo simplificador não é mais suficiente para explicar a complexidade apresentada pelas ciências contemporâneas. E desse modo, Bachelard e Morin são autores que perceberam a insuficiência do pensamento cartesiano e partem em busca de uma nova forma de compreensão do pensamento científico. Como já dissemos, nenhum dos autores rejeita o método cartesiano, eles inclusive incluem esse método dentro das propostas que eles desenvolvem.

Tanto Bachelard quanto Morin, ao tratarem de um pensamento não-cartesiano, não desenvolvem um método que possa substituí-lo. Morin inclusive afirma que o paradigma da complexidade “[...] não se encontra ainda enraizado como paradigma na cultura. [...] Trata-se de avançar sem que já exista o caminho [...]” (MORIN, 2011c, p. 294).

Bachelard e Morin procuram alertar sobre o problema do reducionismo e da simplificação na ciência, Bachelard afirma que a filosofia que queira analisar corretamente o desenvolvimento científico, deve levar em conta os aspectos matemáticos e complexos apresentados pela ciência contemporânea, Morin trata do problema do conhecimento, visto que a importância da complexidade reside numa compreensão mais rica dos objetos, a partir das interações que lhe forma, e também a partir do ponto de vista unificado das disciplinas que podem dar uma explicação mais clara sobre determinado objeto ou fenômeno.

O objetivo dos autores é mostrar que tanto no âmbito filosófico quanto no científico há uma carência sobre um pensamento que possa entender o fenômeno da complexidade, e dessa forma, é necessária a formulação de um pensamento que leve em conta que não existem fenômenos simples, que a separação de sujeito e objeto não leva a uma compreensão mais clara do mundo, que a objetividade é criada graças a um sujeito enraizado numa comunidade científica e por sua vez inserido dentro de uma sociedade e de uma cultura.

A proposta de um pensamento complexo desenvolvida pelos autores ajuda a refletir sobre o tipo de pensamento que deve ser desenvolvido para que se possa conceber a ciência como produto que nos ajuda a compreender o mundo em que vivemos, e que não mascare as diferenças, as aleatoriedades, as contrariedades e que procure sempre fazer com que o pensamento se exercite para conseguir compreender as relações complexas entre os objetos, as ciências, os cientistas e o universo em que tudo isso está inserido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo sobre o pensamento de Bachelard e Morin nos questionamos sobre o desenvolvimento do pensamento científico e filosófico a partir do desdobramento das ideias simples e absolutas. Nossa dissertação foi desenvolvida a partir do seguinte problema: Quais são os problemas da consideração de ideias simples e absolutas para o pensamento científico, a partir da leitura de Gaston Bachelard e Edgar Morin?

Para Bachelard e Morin o desdobramento de ideias e conceitos simples permite o desenvolvimento tanto do pensamento filosófico quanto do científico, visto que as ideias simples reduzem e mutilam os fenômenos, assim como o pensamento sobre esses fenômenos. Bachelard defende um polifilosofismo que poderia englobar aspectos tão diversos da filosofia sobre o pensamento científico, enquanto Morin traz a ideia de um pensamento interdisciplinar que visaria a união entre as diversas áreas do saber para estudar e compreender um objeto.

Nessa dissertação procuramos apresentar a convergência de opiniões dos autores franceses Gaston Bachelard e Edgar Morin sobre o pensamento complexo. Partimos do princípio de que os pensadores estão em conformidade acerca da necessidade de elaboração de um pensamento complexo a partir do desenvolvimento alcançado pela ciência contemporânea.

Bachelard pensa a complexidade a partir das suas reflexões sobre a física, a química e a matemática, trazendo a tona um modo de pensar a complexidade a partir das ciências exatas. Morin por sua vez, aventura-se no campo das ciências em geral, tratando da questão da complexidade desde o seu surgimento na física até os campos da biologia e da antropossociologia.

Ambos partem da crítica a um pensamento de tipo simplificador, que concebe os fenômenos como formados por entidades de tipo simples, e de tipo reducionista, que nega a existência de fenômenos complexos, afirmando que encontram a raiz dessas formas de pensamento no filósofo francês René Descartes.

Bachelard afirma que a ciência não possui a filosofia que merece, e isso se deve ao fato da filosofia não conseguir pensar o desenvolvimento científico a partir dos seus aspectos complexos. A filosofia na concepção do autor era por si só redutora, e tentava compreender o desenvolvimento da ciência a partir de um ponto de vista único e absoluto. As filosofias empiristas, racionalistas e realistas não

conseguiam entrar em comum acordo sobre o pensamento científico pelo fato da ciência não permitir se encaixar dentro do pensamento redutor dessas filosofias.

Quando tratamos da noção de “massa” pudemos perceber que ela não era tão simples como queria o pensamento empirista e realista, mas ela também não podia ser unicamente racionalista, visto que era necessária a experimentação para confirmar os aspectos complexos dessa noção. Uma ideia simples foi desdobrada e permitiu a reflexão sobre o desenvolvimento da ciência.

Tratamos de outras ideias simples para o pensamento bachelardiano, como as noções de “paralelas” e de “simultaneidade”. Vimos também que o desdobramento dessas ideias simples proporcionou além de um desenvolvimento científico imenso, a possibilidade de refletirmos filosoficamente sobre a natureza das ideias simples.

Morin, assim como Bachelard, tece críticas as ideias simples, embora fazendo o desdobramento dessas ideias a partir dos conceitos da teoria da informação, da cibernética e da TGS. Nós vimos o desdobramento das ideias de “informação”, “retroação”, “sistemas”, “máquina”, “aparelho”, “desordem”, e percebemos que a desconstrução de ideias simples não apenas nos leva a refletir de maneira diferente, como também permite a ligação criativa de domínios que são aparentemente fechados uns para os outros.

Morin utiliza as ferramentas conceituais de disciplinas como a teoria da informação, a cibernética e a TGS, e devolve essas mesmas ferramentas enriquecidas devido ao desdobramento que o autor fez. O conceito de informação ao ser retirado da teoria de origem e ao ser utilizado nos campos da física, da biologia, da cibernética, antropossociologia, retorna ao campo de origem, mais rico e com um alcance mais amplo, visto que o conceito pode ser aplicado a mais áreas do saber. Assim funciona com as outras ferramentas conceituais utilizadas por Morin para poder desenvolver um pensamento com base na complexidade, pois esses conceitos retornam sempre a área de origem com uma aplicação mais alargada.

Com esses autores vimos que ideias simples quando se tornam complexas, jamais podem voltar a serem simples, no máximo elas podem ser simplificadas, mas simples nunca. Na realidade ambos afirmam que ideias simples não existem porque tudo é um tecido de relações.

O pensamento cartesiano, na concepção dos autores, separou sujeito e objeto, e dessa forma, podia-se crer que existem fenômenos simples no mundo

objetivo e bastaria apenas utilizarmos um método correto para encontrar a simplicidade do universo. Mas, como a ciência contemporânea nos mostrou a intrínseca relação entre sujeito e objeto, não há mais possibilidade de encontrar algo simples, visto que a própria relação entre sujeito e objeto é por si mesma complexa.

Os autores ao desenvolverem propostas acerca de um pensamento complexo não puderam se isentar da tarefa de tentar reconciliar sujeito e objeto, visto que a união entre esses dois termos é essencial para que eles possam refletir sobre a relação entre conhecimento científico e realidade, ou teoria e mundo.

Para Bachelard o sujeito se liga ao objeto a partir da ideia de “racionalismo aplicado”, visto que a ciência contemporânea realizou as descobertas mais impactantes graças à junção entre a teoria matemática e instrumento científico. O sujeito é o teorizador que é informado pela matemática sobre possíveis fenômenos que não podem ser vistos empiricamente, e a partir desses dados, o cientista parte em direção à realização (criação) desse fenômeno com um instrumento devidamente ajustado. Essa é a junção entre razão e experiência, entre empirismo e racionalismo, entre sujeito e objeto, a ciência contemporânea realiza a ligação complexa entre termos que a filosofia considerou como antagônicos durante muito tempo.

Para Morin, o problema da separação entre sujeito e objeto é de natureza mais profunda e com consequências terríveis para o pensamento científico contemporâneo. A separação entre esses termos fez com que a filosofia que cuida do pensamento reflexivo se debruçasse sobre o sujeito, enquanto as ciências naturais deveriam cuidar do objeto. A cisão entre sujeito e objeto acarreta na separação inicial entre a ciência e a filosofia, e desse modo, a ciência perde grande parte do seu aspecto reflexivo.

A ciência contemporânea tem dificuldade para se conceber dentro de um meio social, e ainda pior, ela não reflete sobre as consequências de suas descobertas, algumas vezes podendo ocasionar desastres enormes para a sociedade, para o meio ambiente ou até mesmo para o planeta. A ligação entre sujeito e objeto é um dos primeiros passos para que possamos pensar no enraizamento da ciência no meio cultural, mostrando que a ciência desenvolve a cultura e esta possibilita o desenvolvimento da ciência.

Separar sujeito e objeto é simplifica-los, é fazer com que eles sejam conceitos antagônicos e não possam de maneira alguma serem vistos como

complementares. A simplificação desses conceitos é prejuízo para os cientistas e para todos que se debruçam a compreender esses conceitos.

O pensamento complexo defendido por Bachelard e Morin vai em busca de uma forma de compreender a complexidade crescente apresentada pela ciência contemporânea. Além de nos motivarem sempre a pensar os objetos, conceitos e fenômenos de maneira mais ampla.

Vimos nesse trabalho que os autores estão em busca de uma nova forma de pensamento, cada um partindo do seu campo específico de pesquisa, com os seus questionamentos e problemas específicos, mas em torno de ideais comuns.

Pensar a complexidade a partir desses autores faz com que exercitemos nosso pensamento e que não aceitemos como evidentes os dados que nos aparecem aos sentidos, e que sempre revejamos nossas convicções e o nosso próprio conhecimento. Pensar complexo é pensar de maneira abrangente, é buscar sempre a deformação de ideias pré-concebidas, de ideias que parecem claras e absolutas.

O pensamento complexo ainda está em desenvolvimento e não pode jamais ser um projeto acabado, visto que a tarefa desse empenho é gigantesca, e que sempre existirão ideias para serem deformadas. Bachelard e Morin não desenvolvem um pensamento absoluto, e nem consideram a complexidade como um pensamento superior, eles apenas nos apresentam a necessidade de se pensar a partir da complexidade, de fazer perguntas a partir dessa perspectiva.

Bachelard defende uma “epistemologia não-cartesiana” e Morin um “paradigma da complexidade”, e ambos os pensamentos não descartam o pensamento de tipo reducionista cartesiano. O pensamento complexo não é reducionista, ele procura englobar o pensamento oposto sem descartá-lo ou considerá-lo errôneo. O reducionismo encontra-se englobado pelo pensamento complexo, pois é necessário conhecer o reducionismo para poder evitá-lo ou até mesmo utilizá-lo em pesquisa, desde que esteja claro que se está simplificando e reduzindo um objeto de pesquisa. Para o pensamento simplificador não é possível pensar dialogicamente sobre dois métodos que são contrários, pois, apenas um deles deve estar correto.

O pensamento complexo dos autores permite enxergar não apenas contrariedade no pensamento cartesiano, mas também complementaridade, e por esse motivo a complexidade é um método de pesquisa que permite que

enxerguemos os limites e as dificuldades de uma pesquisa reducionista e que possamos utilizar, se possível, outras formas de pensamento para refletir sobre os problemas filosóficos e científicos.

REFERÊNCIAS

ALHADEFF-JONES, Michael. (2008). Three generations of complexity theories: Nuances and ambiguities. In M. Mason (Ed.), **Complexity theory and the philosophy of education**. Chichester, UK: Wiley-Blackwell.

ASHBY, William Ross. **Introdução à cibernética**. São Paulo: Perspectiva, 1970.

ATLAN, Henri. **Entre o cristal e a fumaça: ensaio sobre a organização do ser vivo**. Rio de Janeiro: J. Zahar, 1992.

BACHELARD, Gaston. **A experiência do espaço na física contemporânea**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2010.

_____. **A filosofia do não**; O novo espírito científico; A poética do espaço. São Paulo: Abril Cultural, 1978a. (Os pensadores)

_____. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. 10. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2013.

_____. **A poética do espaço**; A filosofia do não; O novo espírito científico. São Paulo: Abril Cultural, 1978b. (Os pensadores)

_____. **Ensaio sobre o conhecimento aproximado**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.

_____. **Epistemologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1977a.

_____. **Le matérialismerationnel**. 3. ed. Paris: PUF, 1972.

_____. **O novo espírito científico**; A filosofia do não; A poética do espaço. São Paulo: Abril Cultural, 1978c. (Os pensadores)

_____. **O pluralismo coerente da química moderna**. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.

_____. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977b.

BARBOSA, Elyana; BULCÃO, Marly. **Bachelard: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2004.

BARBOSA, Elyana. **A questão da objetividade científica em Gaston Bachelard**. Universitas, BH, v. 0, n. 29, p. 135-146, jan./abr. 1982. Disponível em: <<https://rigs.ufba.br/index.php/universitas/article/view/1271/854>>.

_____. **Gaston Bachelard e o racionalismo aplicado**. Cronos, Natal-RN, v. 4, n. 1/2, p. 33-37, jan./dez. 2003. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/cronos/article/view/3265>>

_____. **O secreto do mundo: Uma leitura de Gaston Bachelard**. 1985. Tese (Doutorado em Filosofia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1985.

BASTOS, Cleverson Leite; CANDIOTTO, Kleber BezBirolo. **Filosofia da ciência**. Petrópolis: Vozes, 2008.

BERTALANFFY, Ludwig Von. **The theory of open systems in physics and biology**: in Systems thinking. Middlesex, England: Penguin Books Ltd, 1970.

_____. **Teoria geral dos sistemas**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2006.

BORNIA, Antonio C.; COELHO, Christianne Coelho de S.R; LEITE, Maria S. A.. A contribuição da teoria da complexidade à modelagem de sistemas. In: **Anais do XXIV Encontro Nac. de Eng. de Produção** – Florianópolis: ABEPRO, 2004, 1 CD.

BULCÃO, Marly. **O racionalismo da ciência contemporânea: uma análise da epistemologia de Gaston Bachelard**. Rio de Janeiro: Antares, 1981.

CANGUILHEM, Georges. **Estudios de historia y de filosofia de las ciencias**. 1. ed. Buenos Aires :Ammorortu editores, 2009

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**. 20. ed. São Paulo: Cultrix, 1997.

CHIMISSO, Cristina. **Gaston Bachelard: Critic of Science and the imagination**. New York, Routledge, 2001.

DESCARTES, René. **Discurso do método**; As paixões da alma; Meditações. São Paulo: Nova Cultural, 2004. (Os pensadores)

EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A evolução da física**. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

EINSTEIN, Albert. **A teoria da relatividade especial e geral**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

ESTRADA, Adriana Alvarez. **Os fundamentos da teoria da complexidade em Edgar Morin**. Rev. Akrópolis, Umuarama, 2009; v. 17(2):85-90. Disponível em: <<http://revistas.unipar.br/index.php/akropolis/article/view/2812>>.

FERREIRA, Agripina E. A. **Dicionário de imagens, símbolos, mitos, termos e conceitos bachelardianos**. Londrina: EDUEL, 2008.

FIEDLER-FERRARA, Nelson. **O pensar complexo: Construção de um novo paradigma**. XV Simpósio nacional de Ensino de Física. Curitiba, Paraná, 2003.

FONSECA, Dirce Mendes da. **A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente**. Educ. Pesqui., São Paulo, v. 34, n. 2, p. 361-370, Ago. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022008000200010&lng=en&nrm=iso>.

GALILEU. **O ensaiador**. São Paulo: Nova cultural, 2004.

GONZALES, Maria Eunice Q.; D'Ottaviano Itala M. L.. **Auto-organização: Estudos interdisciplinares**. Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 2000.

HEISENBERG, Werner. **Física e filosofia**. 4. ed. Brasília: Humanidades, 1999.

_____. **Diálogos sobre a física atômica**. São Paulo: Verbo, 1971.

JAPIASSU, Hilton. **Para ler Bachelard**. Rio de Janeiro: F. Alves, 1976.

_____. **A questão da interdisciplinaridade.** In: HARTMANN, Hélio; SILVA, Henrique M.; GALLI, Sílvia (Orgs.) *Questões epistemológicas.* Maringá/PR: UEM, 1999, p. 130-143.

KUHN, Thomas S. **A estrutura das Revoluções Científicas.** São Paulo: Perspectiva, 1975.

LACROIX, Jean. **Introduccion a Bachelard.** Buenos Aires: Calden, 1973.

LE MOIGNE, Jean-Louis. **A teoria do sistema geral.** Lisboa: Instituto Piaget, 1977.

LECOURT, Dominique. **Marxism and epistemology: Bachelard, Canguilhem and Foucault.** London: NLB, 1975.

LEONE, Matteo. **Theory vs. Experiment: The case of positron.** In: SidharthBurra G., Michelini M, Santi L. (org). *Frontiers of fundamental physics and physics education.* New York: Springer International Publishing, 2014. p. 479-485.

LIMA, Marcos Antonio Martins; MARINELLI, Marcos. A epistemologia de Gaston Bachelard: uma ruptura com as filosofias do imobilismo. **Revista de Ciências Humanas**, Florianópolis, v. 45, n. 2, p. 393-406, jul. 2012. ISSN 2178-4582. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/revistacf/article/view/2178-4582.2011v45n2p393>>.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 248-273, jan. 1996. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7049>>.doi:<http://dx.doi.org/10.5007/7049>.

MARIOTTI, Humberto. **Reduccionismo, “holismo” e pensamentos sistêmico e complexo.** Disponível em: <<http://www.saosebastiao.sp.gov.br/ef/pages/linguagem/experiencia/leituras/r1.pdf>>

MARTINAZZO, Celso José. **A construção de conceitos pertinentes na educação escolar.** In: *Anais da Conferência Internacional sobre os Sete Saberes, UNESCO e Universidade Estadual do Ceará*, 2010.

MASTERMAN, M. A natureza de um paradigma. In: LAKATOS e MUSGRAVE (org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento.** São Paulo: Cultrix, 1979.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Disciplinaridade, interdisciplinaridade e complexidade**. Rev. Emancipação, Ponta Grossa, v. 10(2), p. 435-442, 2010. Disponível em <<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/emancipacao/article/view/1937>>

MONTEIRO, Luiz Henrique Alves; **Sistemas dinâmicos**. 3ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MORA, José Ferrater. **Dicionário de filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

MORGAN, Gareth. **Images of organization**. London: Sage, 1996.

MOREIRA, Marco Antonio. **A física dos quarks e a epistemologia**. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 29, n. 2, p. 161-173, 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000200001&lng=en&nrm=iso>. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172007000200001>.

MORIN, Edgar; LE MOIGNE, Jean-Louis. **A inteligência da complexidade**. 3. ed. São Paulo Peirópolis, 2004.

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Ed. rev. e modificada Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

_____. **Educar na era planetária: o pensamento complexo como Método de aprendizagem no erro e na incerteza humana**. São Paulo: Cortez Editora, 2003.

_____. **Introdução ao pensamento complexo**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. Sulina, 2011a.

_____. **O método 1: a natureza da natureza**. Porto Alegre: Sulina, 2013.

_____. **O método 2: a vida da vida**. Porto Alegre: Sulina, 2011b.

_____. **O método 3: o conhecimento do conhecimento/1**. Mem Martins: Publicações Europa-América, 1986.

_____. **O método 4: as ideias.** Porto Alegre: Sulina, 2011c.

_____. **O método 5: a humanidade da humanidade.** Porto Alegre: Sulina, 2012.

_____. **O paradigma perdido: a natureza humana.** 5 ed. Portugal: Europa-América, 2005.

_____. **O problema epistemológico da complexidade.** Portugal: Europa-América, 2002.

_____. **Os sete saberes necessários à educação do futuro.** 2. ed. São Paulo: Cortez, 2011d.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni. **A Questão Controversa da Cosmologia Moderna: Hubble e o Infinito - Parte 1**". In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 17, n. 2, p. 189-204, ago. 2000.

NSONSISSA, Auguste. **La formation du concept de dialogique: un essai d'application de la problématique bachelardienne du simple et du complexe.** AL-MUKHATABAT - A Trilingual Journal For Logic Epistemology and Analytical Philosophy, v. 06, abri. 2013. ISSN 1737-6432. Disponível em: <<http://almukhatabatjournal.l.a.f.unblog.fr/files/2013/04/auguste-nsonsissa.pdf>>.

OLIVEIRA, Caroline Terra de; RODRIGUES, Victor Hugo Guimarães. **Gaston Bachelard e Edgar Morin: Diálogos sobre a complexidade.** REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, [S.l.], v. 20, set. 2013. ISSN 1517-1256. Disponível em: <<https://www.seer.furg.br/remea/article/view/3840/2290>>.

_____. **Novos rumos do saber contemporâneo: Problematizando o pensamento científico através do diálogo entre duas vertentes epistemológicas – Gaston Bachelard e Edgar Morin.** Revista Didática Sistêmica, v. 6, jul-dez. 2007. ISSN 1809-3108. Disponível em: <<https://www.seer.furg.br/redsist/article/view/1248>>.

PETRAGLIA, Izabel Cristina. **Edgar Morin: a educação e a complexidade do ser e do saber.** Petrópolis: Vozes, 1995.

PRIGOGINE, Ilya; STENGERS, Isabelle. **A nova aliança**. Brasília: Universidade de Brasília, 1984.

PRIGOGINE, Ilya. **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista - Campus Marília, 1996.

QUARANTA, Márcio. **O ponto de vista sistêmico: a antiga physis grega ressurge nos sistemas ambientais**. Gaia Scientia- Revista do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente: João Pessoa/PB, vol. 2, nº 2, p. 47-62, jun,dez/2008. Disponível em:
<http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/article/view/2547>

RIBEIRO, Flavia Nascimento. **Edgar Morin, O pensamento complexo e a educação**. Pró-Discente: Caderno de Prod. Acad.-Cient. Progr. Pós-Grad. Educ., Vitória-ES, v. 17, n. 2, jul./dez. 2011. Disponível em:
www.periodicos.ufes.br/PRODISCENTE/article/download/5804/4245.

SANTOS, Paloma Maria. **A abordagem de Morin frente à construção do todo**. Revista Eletrônica Espaço Acadêmica (Online). v. 99, p. 63-66, 2009. Disponível em:
<<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/7084>

SANTOS, Alessandra Rufino. **Contribuições epistemológicas do pensamento complexo para a compreensão da pesquisa social**. TEXTOS&DEBATES: Boa Vista-RR, n. 20, p. 81-99, jan,jun/2013. Disponível em:
<http://revista.ufrb.br/textosedebates/article/view/1332>.

SOARES, Luiz Carlos. **O mecanicismo e as bases intelectuais da revolução industrial inglesa**. Ver. De Economia, Curitiba, v. Vol. 27, nº1(25),p. 103-133, 2001. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/economia/article/view/1990>.

SOUZA, Ila Maria Silva. **Os fundamentos antropofilosóficos da epistemologia de Gaston Bachelard**. 1a. ed. Santiago de Compostela: Editora da Universidade Santiago de Compostela, 2007.

WEAVER, Warren. **Science and Complexity**, in AmericanScientist,vol.36,pp.536–544,1948.

WEINBERG, Steven. **Sonhos de Uma Teoria Final: a busca das leis da natureza**. Rio de Janeiro: Roxo, 1996.

WIENER, Norbert. **Cibernética e sociedade**: o uso humano de seres humanos. 3. ed. São Paulo: Cultrix, 1970.

_____. **Cybernetics**: or control and communication in the animal and the machine. 4.ed, Massachusetts: The M.I.T. Press, 1985.