

Prazer, Prigogine!

I'm Prigogine, nice to meet you!

Dndo. Thiago Weslei de Almeida Sousa - UFMS

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7221-062X>
E-mail: tsqi@msn.com

Dr. Wellington Pereira de Queirós - UFMS

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9734-7136>
E-mail: wellington_fis@yahoo.com.br

Dr. Dario Xavier Pires - UFMS

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7235-2369>
E-mail: dario.pires@ufms.br

Recebido em: 29/05/2022

Aceito em: 06/05/2023

Resumo

Ilya Prigogine – importante físico-químico que estudou a termodinâmica, mas que também desenvolveu elaboradas discussões epistemológicas a partir de sua pesquisa – parece-nos ser um nome promissor para o enriquecimento de discussões filosóficas para além do campo das ciências exatas. Buscamos com este trabalho apresentar (ou tornar ainda mais familiar) Ilya Prigogine e explorar a coluna vertebral do seu constructo teórico, fazendo reflexões acerca de pertinência e utilização do referencial prigoginiano. Pretendemos que esta pesquisa sirva como suporte bibliográfico para pesquisadores que utilizem o referencial prigoginiano em suas pesquisas ou mesmo para instigar que novos investigadores – quer seja do campo das ciências sociais ou das ciências exatas – conheçam as ideias de Prigogine e se encorajem de utilizá-las em seus trabalhos.

Palavras-chave: Pensamento-Prigogine; Referencial prigoginiano; Ciência clássica; Estruturas dissipativas; Epistemologia.

Abstract

Ilya Prigogine – an important physical chemist who studied thermodynamics, but who also developed elaborate epistemological discussions based on his research – seems to us to be a promising name for the enrichment of philosophical discussions beyond the field of exact sciences. With this investigation, we seek to present (or make even more familiar) Ilya Prigogine and explore the backbone of his theoretical construct, making reflections on the relevance and use of the Prigoginian framework. We intend this research to serve as bibliographic support for researchers who use the Prigoginian framework in their research or even to instigate that new researchers - whether from the field of social sciences or exact sciences - get to know Prigogine's ideas and encourage themselves to use them in their works.

Keywords: Prigogine-thought; Prigoginian framework; Classical science; Dissipative structures; Epistemology.

Apresentação do artigo

Prazer, Prigogine! é o artigo que abre a minha tese e nele eu faço a apresentação da história de Prigogine e de sua epistemologia. Este artigo se faz importante para construção da minha tese por quatro principais motivos.

O primeiro deles é que a obra prigoginiana não é amplamente utilizada como referencial epistemológico nos trabalhos de Educação em Ciências. Com isso, ainda que os pesquisadores de nossa área já tenham vez ou outra ouvido sobre Prigogine, a maior parte deles não sabe quem é este pesquisador e muito menos sobre o que versa sua obra. Eu mesmo só tomei conhecimento das informações básicas do universo Prigogine após ser posto em contato com a sua obra. Desta forma, é importante que situemos nossos leitores acerca do ideário de Prigogine, apresentando, ao mínimo, os principais aspectos de sua obra e visão de ciência.

O segundo ponto importante é que constantemente faremos uso dos conceitos prigoginianos nos artigos posteriores. Assim, este artigo também objetiva familiarizar nossos leitores destes conceitos, tornando o restante da leitura desta investigação mais fluida. Ressaltamos que o enfoque deste artigo é claramente as contribuições filosóficas prigoginianas, ainda que recorramos aos conceitos desenvolvidos por Prigogine em suas pesquisas que versam sobre a Termodinâmica e que ele próprio aplicou em suas discussões epistemológicas.

Outro ponto importante é que, por acreditarmos que o pesquisador tem uma construção sócio-histórica e esta influencia o seu fazer científico, vimos a necessidade de apresentar a biografia de Prigogine para que o leitor consiga compreender o porquê que sua pesquisa seguiu os caminhos aqui descritos. Sem que antecipemos o conteúdo do artigo, adiantamos que a história de vida de Prigogine, assim como ele advoga no corpo de sua obra, é repleta de bifurcações.

O último ponto, e talvez o mais difícil de ser concretizado, principalmente por ter me tornado um leitor avido da obra prigoginiana, é que optamos por, já neste primeiro artigo, exibir as principais críticas às proposições de Prigogine. Junto a estas, fizemos também nossas contra argumentações. Ao passo que nos alinhamos como a premissa prigoginiana de que nenhuma teoria possa ser absoluta em um universo tão plural quanto o nosso, escolhemos também, já neste primeiro artigo, apresentar as limitações de suas discussões enquanto epistemologia.

Diante do exposto, eu os convido para, junto a nós, descobrirmos quem é Ilya Prigogine e sobre o que versa a sua teoria. Neste caminho, buscaremos compreender se suas proposições filosóficas têm verdadeiro impacto epistemológico e tentar construir hipóteses do porquê de seu constructo filosófico não ser amplamente utilizado nas discussões científicas. Para além disso, também apresentaremos os espaços científicos em que as discussões de Prigogine já são tomadas como referencial teórico.

Introdução

Ilya Prigogine (1917-2003) foi um químico russo que viveu a maior parte da sua vida na Bélgica, e que dedicou sua vida à pesquisa com ênfase na interface entre química, física e filosofia, chegando até a ser considerado o “poeta da termodinâmica” pela elegância e lucidez de sua obra (Maruani, 2004). Prigogine investigou a dinâmica dos sistemas longe do equilíbrio junto aos fenômenos irreversíveis e às estruturas dissipativas (Almeida, 2004). Para esse pesquisador, os sistemas instáveis são o alicerce da descrição microscópica do mundo e estão estritamente ligados aos conceitos de irreversibilidade e flecha do tempo (Massoni, 2008).

Honrado com o Prêmio Nobel de Química de 1977 por suas contribuições à termodinâmica do não-equilíbrio e pela teoria das estruturas dissipativas, Prigogine aponta que a ordem dá origem à desordem à desordem (em sistemas deixados ao acaso) e que a desordem pode dar origem à ordem (em sistemas de caos), que o tempo é, na realidade, irreversível e que existe uma “flecha do tempo” indicadora de probabilidades e não de certezas. Dessa forma, suas reflexões revolucionárias questionam a função do tempo, do conhecimento e das leis fundamentais que governam o universo (Massoni, 2008; Maruani, 2004).

Sua aptidão por música, literatura, arqueologia, psicologia, direito e história influenciaram em muito não só a sua formação humanista, como a sua obra. Prigogine, desde a adolescência leu muitos textos filosóficos e a importância da filosofia clássica em sua obra é evidente. Inclusive foi influenciado por diversos autores do campo da filosofia, porém o que lhe fixou a atenção foram as discussões filosóficas de Bergson sobre o *tempo*¹, enxergando ali a possibilidade e a necessidade de investigações ainda mais aprofundadas. Com isso, o *tempo* é sempre discutido na obra prigoginiana, principalmente no que se refere à sua relação com o surgimento de novos tipos de organização (Earley, 2006).

Prigogine afirmava não só a relação do ser humano com a natureza, mas também da ciência com a filosofia, o que ele intitulava de *Nova Aliança*. E apesar de nunca ter se autointitulado filósofo, em suas publicações, ele partilhou a opinião de que a sua pesquisa científica tinha grande importância filosófica (Earley, 2006). Como aponta Costa et al. (2009, p. 2), Prigogine “teve grande contribuição não apenas pelas teorias na sua área, mas também pela discussão filosófica de temas pertinentes a vários outros campos (Filosofia da Ciência, Epistemologia), como no caso do tempo e o futuro da Ciência”.

Almejando um entendimento mais holístico da realidade, Prigogine fez o casamento entre dinamicidade e criatividade durante a composição de sua obra, persistindo para que diálogo entre conhecimento científico e o universo filosófico acontecesse. E o resultado disso foi uma obra multifacetada, com proposições ousadas o suficiente para proclamar uma revolução em diversas áreas do conhecimento – na Engenharia, na Biologia e nas Ciências Sociais, por exemplo – de uma forma que outras teorias epistemológicas raramente o fazem (Carvalho, 2017).

Segundo Almeida (2004) a base epistemológica prigoginiana é construída em torno dos conceitos de bifurcação (ordem do acontecimento novo) e o de flutuação (diz respeito ao não previsível que está em potencial). Ainda segundo Almeida (2004), as proposições prigoginianas tinham o intuito de mostrar que “a evolução do universo abriga desvios, flutuações, bifurcações e acontecimentos criadores de novas ordens” (p. 78).

Tendo como pressupostos o indeterminismo, a seta do tempo e a irreversibilidade, o pensamento prigoginiano sugere que ocorra a reconstrução das leis que alicerçam a ciência clássica (Prigogine, 2002b). Em outras palavras, Prigogine oportuniza a reinterpretação da linguagem utilizada para a descrição do universo (Chassot, 2003). Ao propor essa nova leitura do mundo, o que Prigogine propõe é drasticamente inovador ao que ditam as ciências ocidentais, se configurando num ganho inestimável para o pensamento filosófico e científico.

Se por um lado as publicações de Prigogine foram recebidas com grande entusiasmo em muitas partes do mundo, em contra partida, também, geraram certo desconforto na comunidade científica, principalmente entre os físicos (Earley, 2006). A física clássica traz leis embasadas em um universo idealizado e ignora a realidade do universo que nos é real, ou seja, instável e evolutivo (Prigogine & Stengers, 1991, p. 199). Na nova configuração prigoginiana, os sistemas estáveis são tomados como exceções (Almeida, 2004). Prigogine também acredita que se deve ir além das fronteiras da ciência clássica e admitir a especificidade e a autonomia de todas as disciplinas científicas (Lombardi, 2012).

Com a proposta de *A Nova Aliança*, Prigogine coloca em questão a pertinência ética da ciência e discute a inviabilização de segregação entre ciências humanas, ciências da vida e ciências da natureza. Ao longo de sua obra, Prigogine diz que a ciência deve ser operacionalizada como ciência social, deste modo, a propulsão da ciência não deve mais estar isolada das preocupações humanas.

Com base no que foi explanado, surgem as seguintes questões: Quem foi, de fato, Ilya Prigogine? Sobre o que versa a sua teoria? Suas proposições filosóficas têm verdadeiro impacto epistemológico? Por que seu constructo filosófico não é amplamente utilizado nas discussões científicas? Onde suas discussões são tomadas como referencial teórico? A partir do exposto e norteados por estes questionamentos, *pretendemos apresentar*

1 Assim como Bergson, Prigogine considerava o tempo como objetivo, real e criativo e não como resultado da inadequação humana ou de alguma peculiaridade do estado inicial do universo (Earley, 2006).

Ilya Prigogine e explorar a coluna vertebral do constructo teórico prigoginiano fazendo reflexões acerca da sua pertinência e utilização.

Cabe ressaltar que esta investigação se delimita em analisar a obra prigoginiana no que tange, principalmente, às suas questões de cunho filosófico. Buscamos, assim, a partir de investigação teórico-bibliográfica e interpretativa, correlacionar evidências no intuito de apresentar o pensamento-Prigogine como uma possibilidade de referencial teórico consistente no campo epistemológico. No que tange ao procedimento da pesquisa esta é classificada como bibliográfica, adotando a abordagem qualitativa (Gil, 2008).

Quem foi Ilya Prigogine?

De antemão, justifica-se esta sessão de apresentação da pessoa Prigogine, pois, conforme aponta Carvalho (2012), negligenciar os aspectos fundamentais das *bifurcações* da vida de Prigogine - como sua trajetória, sua formação intelectual, suas principais influências, sua visão de mundo - pode resultar numa compreensão não tão abrangente do pensamento-Prigogine.

Filho de judeus, Ilya Romanovich Prigogine nasceu em Moscou, no mesmo ano em que se dava início à Revolução Russa de 1917. Seu pai, Roman Ruvim Abramovich Prigogine, era um engenheiro químico na Escola Técnica Imperial de Moscou e sua mãe, Yulia Vikhman, era pianista (Millar et al., 2002). Diante das incertezas advindas da Revolução Russa e da ameaça de confisco de seus bens, seu pai não teve condições de continuar com os negócios e a família deixou a Rússia quando o jovem Ilya tinha apenas quatro anos (1921).

Após uma curta estadia na Lituânia, a família Prigogine emigrou para Berlim/Alemanha, justamente no período em que a situação econômica daquele país estava se deteriorando acentuadamente. Um anti-semitismo cada vez mais virulento cercava a Alemanha, o que acabou levando a família mais uma vez ao exílio, quando, em 1929, eles finalmente chegaram a Bruxelas (Bélgica) e ali se fixaram. A partir de então, a Bélgica tornou-se sua pátria de adoção, Prigogine inclusive recebeu a nacionalidade belga em 1949 (Leroy, 2003).

O jovem Ilya mostrou um grande interesse em várias ciências humanas; sendo inclusive um excelente pianista. A certa altura ele chegou até a considerar o início de uma carreira artística. Porém, a sua decisão pela área de seus estudos profissionais - o cenário mundial era de iminência de mais uma grande guerra -, fez com que Prigogine escolhesse o que poderia ser menos arriscado para seu futuro, naquele momento. E foi assim que ele iniciou seus estudos em Química pela Universidade Livre de Bruxelas (UBL). E foi também nessa mesma universidade que ele recebeu seu doutoramento em Química ao apresentar a tese intitulada: *Um estudo termodinâmico de fenômenos irreversíveis*, em 1941. Esta tese foi realizada sob a supervisão de De Donder, um dos primeiros cientistas a enfrentar o problema dos sistemas de não equilíbrio (Leroy, 2003; Maruani, 2004).

Em 1950, Prigogine assumia o cargo de professor na ULB, onde se dedicava às investigações dos fenômenos irreversíveis, fixando os seus esforços no campo de estudo da Termodinâmica. Com isso, na esfera científica, Prigogine primeiramente ganhou notoriedade por seus trabalhos sobre sistemas físico-químicos longe do equilíbrio termodinâmico (Carvalho, 2017).

Entre as décadas de 1960 e 1970, Ilya desenvolveu um modelo matemático que explicava, em circunstâncias muito especializadas, como a ordem poderia surgir espontaneamente a partir do aparente caos. Ele denominou as estruturas que tinham esse comportamento de “estruturas dissipativas” (Porush, 1991). Este trabalho foi rapidamente reconhecido como tendo consequências profundas para a forma como se constrói a ciência.

A partir de então, Prigogine foi condecorado com 53 diplomas honorários, passou a ser membro de várias organizações científicas e recebeu inúmeros prêmios. Entre os principais, podemos citar o Prêmio Francqui de Ciências Exatas (1955) e a Medalha Rumford (1976). Porém o mais importante prêmio recebido por Prigogine foi o Prêmio Nobel de Química de 1977, pela definição de estruturas dissipativas e do papel destas em sistemas termodinâmicos longe do equilíbrio (Maruani, 2004).

Curiosamente, no contexto histórico de enorme instabilidade pós Segunda Guerra Mundial, ele intensificou seu interesse pela temporalidade. Prigogine agora incorporara à sua pesquisa a busca pela compreensão

da estrutura e do significado do tempo e assim prosseguiu em toda a sua caminhada de pesquisador. E foi desta forma que ele se viu surpreendido com as negligências cometidas pela física clássica ao tratar do tempo. Prigogine (2000) advogou a favor de um universo que está evoluindo na mesma direção do tempo, desta forma, as rochas, as estrelas, as galáxias, supergaláxias, todos os objetos e sistemas evoluem na mesma direção. Dito de outra maneira, envelhecemos todos juntos!

Para Carvalho (2012), considerando a trajetória de vida deste cientista como emigrado e como testemunha de importantes momentos históricos durante século XX, é compreensível a defesa de Prigogine pela conceituação de um tempo que é presente em todos os níveis da realidade. Nas próprias palavras de Prigogine (2009, p. 36): “Não esqueçamos que minha geração conheceu Hitler, Franco, Mussolini, a Guerra Mundial e a programação da execução de um genocídio em grande escala. Apesar disso, creio que houve uma evolução positiva”.

Ao aprofundar-se nos estudos sobre a irreversibilidade e sobre o tempo, Prigogine se depara com questões filosóficas, epistemológicas, cosmológicas e encontra em sua pesquisa subsídios para endossar reflexões nestes campos. É importante destacar que, ao longo de sua vida intelectual, Prigogine demonstrou abertamente seu interesse pelas ciências humanas em seus livros e entrevistas, o que fez com que ele constituísse uma diversificada base de conhecimentos humanísticos (Carvalho, 2012).

Para Prigogine, muitos pesquisadores trabalham na ciência e depois, na idade avançada, vão para a filosofia, mas que o caso dele era diferente. Apesar de sua cautela e modéstia ao discutir temas não relacionados à física e à química, Ilya acreditava que sua originalidade se devia ao fato dele “ter vindo” da filosofia e depois para a ciência, e não o contrário. Cabe ressaltar que desde muito jovem, Prigogine já era um empenhado leitor de autores do campo filosófico (Prigogine, 2000).

É verdade que eu próprio me sinto um ser híbrido, interessado nas duas culturas: as ciências humanísticas e as letras, por um lado, e as ciências ditas exatas, por outro. Com efeito, vivi muito intensamente este conflito entre as duas culturas durante os meus estudos e até nas leituras que fazia. Dizia-se que a divisão entre as duas culturas se devia ao fato de os não cientistas não lerem Einstein e de aqueles que se ocupavam de ciência não terem cultura literária. Penso que é uma maneira muito superficial de ver as coisas (Prigogine & Stengers, 1990, p. 27).

Segundo Prigogine, vivenciamos hoje um tempo em que acontece a reconciliação entre ser humano e a natureza e entre ciência e a filosofia. Com isso, termos como aliança e reconciliação se apresentam como conceitos chave no pensamento-Prigogine. Prigogine mesmo, apesar de físico-químico, experimentou um rico diálogo com a filosofia.

[...] meu trabalho foi um trabalho de reconciliação. Quer dizer que vejo agora mais próximas a física e a filosofia. A filosofia sempre insistiu sobre o Tempo. O Tempo era sua grandeza central, porque o Tempo é também a ética, a escolha de valores (Prigogine & Blattchen, 1998, p. 39).

No ideário prigoginiano estamos presenciando uma palpável metamorfose da ciência, em que a visão clássica é extrapolada e surge uma nova leitura do mundo, agora baseada nos conceitos de probabilidade, indeterminismo, irreversibilidade, não equilíbrio, complexidade, entre outros, dando um novo sentido às “leis da natureza” (Carvalho, 2012). Desde seu ensino médio, o jovem Prigogine foi um ávido leitor de Henri Bergson - filósofo francês (1859-1941) honrado com o Prêmio Nobel de Literatura de 1929 - e pela obra desse pensador foi fortemente influenciado. Talvez Bergson, com suas duras críticas à ciência clássica e sua concepção de tempo e de duração, seja a mais forte influência encontrada no pensamento-Prigogine (Earley, 2012).

Para o pensamento-Prigogine, a irreversibilidade é algo comum a qualquer estrutura do universo; e este universo, para Bergson, dura. Deste modo, Bergson e Prigogine convergem em suas obras para uma necessária nova lente para a compreensão da realidade; desta vez ligada ao novo, à mudança - para ambos, o tempo ocupa uma posição fundamental.

Com a visão de Bergson, tem-se a duração e a intuição de sermos parte de um todo indivisível, de sermos atravessados por esse todo. Com a visão de Prigogine, tem-se a flecha do tempo, a irreversibilidade, a proposta de uma ciência que enxergue a criatividade na natureza; sendo essa criatividade, o tempo (Carvalho, 2012, p. 39).

Porém, estes dois autores não são totalmente concordantes. Para Prigogine, a diferença de sua proposta para a de Bergson é que a teoria bergsonianiana se constituía praticamente como uma rival do conhecimento científico. Prigogine acredita inclusive que foi o posicionamento anti-ciência que fez com que a proposta de Bergson fracassasse. Bergson, ao acreditar na pura duração, acabava projetando um modelo de investigação ainda mais preciso e absoluto que aquele seguido pela ciência clássica ao qual ele tanto criticava (Prigogine & Stengers, 1990, p. 24).

O que é a vida?, livro de Erwin Schrödinger (1944), foi outra obra de muito impacto para o pensamento-Prigogine, uma vez que possibilitou a Prigogine fazer associações entre a vida e a produção de entropia (aos processos irreversíveis). As colocações levantadas por Schrödinger (1944), despertaram em Prigogine inquietações sobre como uma estrutura, viva ou não, pode surgir do estado de não equilíbrio.

Ao fazer reflexões sobre as implicações filosóficas das descobertas da biologia molecular, *O acaso e a necessidade: ensaio sobre a filosofia natural da biologia moderna* (1ª edição – 1970), livro de Jacques Monod também foi importante para a edificação da obra prigoginiana. Curiosamente, grande parte da estrutura argumentativa desse livro são refutadas por Prigogine, mas ele mesmo reconhece a importância de sua leitura para a composição de seus apontamentos (Prigogine & Stengers, 1990).

Apesar de sofrer influência de diversos pensadores, foi a parceria intelectual de Prigogine com Isabelle Stengers, química e filósofa da ciência, que mais contribuiu para elaboração do pensamento-Prigogine. Almeida (2004, p. 78) afirma inclusive que essa colaboração “faz da obra de Prigogine um exemplo de ciência transdisciplinar, tecida em conjunto, complexa”. Ademais, dar créditos aos participantes de suas pesquisas e dialogar com profissionais de distintas áreas eram práticas científicas comuns para Prigogine.

Stengers torna-se fundamental para a composição do pensamento-Prigogine, pois foi em parceria com ela que Prigogine publicou suas principais obras com vertente filosófica - *A nova aliança: metamorfose da ciência* (Prigogine & Stengers, 1983) e *Entre o tempo e a eternidade* (Prigogine & Stengers, 1988). Na obra *O fim das certezas – tempo, caos e as leis da natureza* (Prigogine, 1996), apesar de não estar creditada como autora, Prigogine já nas primeiras páginas deste livro afirma que Stengers participou de toda a composição do livro, mas que, por modéstia, recusou ser incluída como co-autora. Estes três livros, conjuntamente com *As leis do caos* (Prigogine, 1993) - este escrito somente por Prigogine -, são os pilares do pensamento-Prigogine. Estas obras têm a missão de apresentar as bases teóricas e proposições epistemológicas que subsidiam a ideia de uma ciência em metamorfose proposta por Prigogine e Stengers.

Em termos teóricos, em suma, a obra prigoginiana almeja que os sistemas instáveis (de não-equilíbrio) sejam considerados como a base da descrição microscópica do universo. E a consequência disso seria a reformulação das leis da dinâmica, da relatividade e da quântica, em nível estatístico, o que torna a irreversibilidade e a seta do tempo como os elementos fundamentais na descrição da matéria. (Costa et al., 2009)

O nascimento do tempo (1988), *El redescubrimiento del tiempo* (1992) e *Ciência, razão e paixão* (2009), ainda que não sejam obras lançadas pelo próprio Prigogine, sendo basicamente compilações de entrevistas, artigos e palestras do autor, corroboram substancialmente para a compreensão do constructo teórico prigoginiano. Diversas outras obras foram publicadas por ele em parceria com cientistas e intelectuais de diversas

áreas que viram pertinência em suas argumentações, mas que não são relevantes para este trabalho por não versarem especificamente sobre posicionamentos epistemológicos.

Ao analisar a obra prigoginiana, Carvalho (2012), de forma muito assertiva, elencou suas temáticas fundamentais e estas foram esquematizadas no quadro 1 para melhor categorização.

Quadro 1 – Principais temáticas abordadas pelo pensamento-Prigogine

Temática	Tópicos analisados
Universo	Origem, interpretação, concepção, características e evolução
Natureza	Relação com o ser humano, seus papéis, dinamicidade e criatividade
Vida	Definição, composição, necessidades, características, implicações, limites e desafios
Ser Humano	Relação com a natureza, o conhecimento e seus limites
Ciência	Contextualização histórica, mitos, aplicações, desafios e limites
História	Ampliação do conceito de historicidade, seus significados
Tempo	Mudança de foco, novo conceito, universalização, desdobramentos e como a temporalidade pode representar um elo entre o ser humano e a natureza e entre os mais variados saberes

Fonte: Carvalho, 2012. Elaborado pelo autor

Exposta nos livros citados anteriormente, a proposta prigoginiana de reformulação das leis fundamentais da física representa, sem dúvidas, uma mudança ousada e inovadora (Massoni, 2008). Ao propor que a aparente desordem de determinados sistemas físico-químicos pode, na verdade, ser fonte de um novo tipo de ordem e que esta, por sua vez, possibilita o surgimento de novas estruturas, Prigogine contribuiu consideravelmente para a elaboração das teorias da complexidade e do caos. Prigogine é provavelmente o nome mais famoso no que tange a esses dois segmentos (Carvalho, 2017; Porush, 1991).

Para além disso, (Almeida, 2004) diz que em toda a obra de Prigogine são explicitadas criativas e corajosas reflexões sobre a ética do trabalho científico, a função política da ciência e a responsabilidade dos cientistas. Com isso, Prigogine faz exatamente o que ele defende em sua teoria e se mostra como um exemplo exponencial da integração da ciência com todos os demais aspectos da cultura e da sociedade. Essa é uma das muitas características que o faz ser considerado como um dos mais brilhantes cientistas e filósofos do século XX (Costa et al., 2009).

Nos seus últimos anos de vida, Prigogine concentrou-se em pesquisar o papel fundamental do indeterminismo em sistemas não lineares, tanto no nível clássico quanto no quântico. E em 2003, já 86 anos de idade, ele falece. “A comunidade científica mundial conta agora com a ausência de um dos cientistas mais brilhantes do século XX” afirma Almeida (2004, p. 77).

Prestando homenagem a Prigogine após seu falecimento, Chassott (2003, *apud* Massoni, 2008) escreve:

A Ciência, que iniciara o século (referindo-se ao século XX) arvorado em certezas, no seu ocaso as havia abandonado. Foi, muito provavelmente, Prigogine quem muito nos ajudou a entender de uma maneira diferente a linguagem usada para descrever o universo. [...] a abandonar uma ciência dogmática e neutra e tela também como um instrumento para contribuir para a existência de uma sociedade mais justa (Chassott, 2003 *apud* Massoni, 2008, p. 2308-2).

Dito de outra forma, a mensagem que (Prigogine & Stengers, 1991) tentam trazer para o mundo é que vivemos hoje o fim das certezas e que, conseqüentemente, o futuro não está dado (na verdade, nunca esteve). E ao se questionar sobre se aceitar as incertezas seria uma derrota do espírito humano?, ele se diz convencido do contrário!

Constructo teórico prigoginiano

Apesar de imperiosa por décadas, a ciência clássica nos induz a crer na ilusão de que compreender fenômenos simplistas estudados pela física significa compreender todo o conjunto da natureza (Prigogine & Stengers, 1991). Nesta perspectiva clássica, a realidade pode ser condensada a uma verdade única, verdade essa que só é decifrável por intermédio das leis físicas e matemáticas.

As Leis de Newton – alicerces inabaláveis da ciência clássica – juntamente com a sua concepção da realidade, da temporalidade e dos fenômenos da natureza, já não são mais dogmas inquestionáveis. E se analisarmos cautelosamente, nem mesmo em sua época essas leis foram completamente aceitas. Parte considerável até mesmo de físicos admitem que sua aplicabilidade é pertinente somente para algumas áreas e situações específicas, em outras palavras, o modelo newtoniano tem aplicabilidade restrita (Prigogine & Stengers, 1991; Carvalho, 2012)

Segundo Porush (1991), o problema de dois corpos interagindo no espaço euclidiano puro segue rigorosamente as leis newtonianas. Porém o macrocosmo é mais complexo que isso e o problema de resolver as trajetórias de três ou mais corpos interagindo se torna extraordinariamente difícil. Ora, e o que é o nosso universo senão um grande número de corpos e forças interagindo ao mesmo tempo?

Prigogine está inserido neste grupo de pensadores que acreditam que apesar de ainda ser muito útil, a idade de ouro da ciência clássica já passou. Esse cientista afirma que a física newtoniana foi superada por três vezes: primeiro, com a introdução do espaço-tempo na relatividade geral, depois com o uso da função de onda na mecânica quântica e, finalmente, com o reconhecimento do indeterminismo no estudo de sistemas instáveis - teoria do caos (Prigogine & Stengers, 1991).

Assim como a ciência clássica não comporta o caos, segundo o pensamento-Prigogine, a quântica também não é capaz de exprimir a evolução dos sistemas caóticos quânticos em termos de funções de onda de Schroedinger. Já a teoria da relatividade, nega a existência do tempo, considerando a diferença de passado e futuro apenas como uma quimera² (Massoni, 2008). Deste modo, a teoria quântica e da relatividade, apesar de apresentarem inovação, trazem fortes continuidades da ciência clássica, de maneira que, para Prigogine, em sistemas caóticos é necessário ir além do espaço de Hilbert.

Indo em direção oposta e sendo provavelmente o principal nome nos estudos dos sistemas longe do equilíbrio, Prigogine acredita que os processos irreversíveis é que devem ter destaques no mundo científico, pois estes estão presentes na maioria quase absoluta dos fenômenos naturais. Com isso, Prigogine se nega a aceitar que a irreversibilidade esteja ligada a simples escolha das variáveis usadas na descrição dos sistemas ou a ignorância humana. O pensamento-Prigogine sustenta que a fonte da irreversibilidade é a própria dinâmica das interações envolvidas em processos específicos (Earley, 2012).

(Prigogine & Stengers, 1996, p. 163) ainda alerta que “a ciência clássica, de Newton a Einstein, tem sido o apogeu de uma visão estática do universo” e que “na visão expressa dessa ciência, levada por uma razão intemporal, não há lugar para o devir”. Porém, a verdade é que o mundo macroscópico está sempre em processo. Qualquer que seja o estudo deste mundo, afirma Prigogine, requer uma ciência do devir³ (Porush, 1991).

2 Essa afirmação é melhor ilustrada pela conhecida frase de Einstein retirada carta que ele escrevera para a viúva de seu melhor amigo: “A distinção entre passado, presente e futuro é apenas uma ilusão teimosamente persistente”. Por outro lado, é importante frisar que essa ilusão somente pode ser percebida quando se os corpos se movimentam em velocidades absurdamente altas, como as que experimentam um fóton, por exemplo (1,08 bilhão de km/h).

3 Devir é um termo filosófico amplamente utilizado por Prigogine durante sua obra. Trata-se de um termo polissêmico e este já foi discutido por importantes filósofos. Para Heráclito, por exemplo, o devir universal é a lei do universo, em que nada é, tudo flui. Desta forma, tudo o que existe é conduzido pelo fluxo do devir. Já Aristóteles definiu devir como nada mais que a passagem da potência ao ato. Enquanto isso, Hegel acreditava que o devir constitui a síntese dialética do ser e do não-ser, pois tudo o que existe é contraditório estando sujeito a desaparecer (Japiassu & Souza Filho, 1990).

Ainda neste sentido, Hegel afirmava que a filosofia tem que pensar a vida, ou seja, que a filosofia deve pensar a história e o devir dos homens e das sociedades (Japiassu & Souza Filho, 1990). Estes dois pontos – a história e o devir do homem – são alguns assuntos mais discutidos na obra Prigoginiana. O que nos leva, mais uma vez, a ratificar a pertinência em visualizar as

O fato de a termodinâmica clássica preocupar-se com os processos reversíveis (estados de equilíbrio), frequentemente inquietava Prigogine. E o motivo é claro, tais situações são raras no mundo real (Millar et al., 2002). No ideário prigoginiano, nunca uma teoria comprovou a equivalência entre o que é feito e o que é desfeito, “entre uma planta que cresce, floresce e morre e uma planta que renasce, rejuvenesce e retorna à semente primitiva” (Massoni, 2008, p. 2308-2). Em situações não ideais, o que realmente acontece é que os sistemas inanimados se direcionam, em geral, a um estado de crescente desordem, enquanto os sistemas vivos convergem para um estado organizado e ordenado, a partir de materiais relativamente desorganizados (Millar et al., 2002).

“Qual o significado da evolução de um ser vivo no mundo descrito pela termodinâmica, um mundo de desordem sempre crescente?” segundo (Prigogine & Stengers, 1997, p. 103), nós somos então perseguidos por esta questão há mais de um século. E foi a partir desta questão que Prigogine escolheu dedicar grande parte de sua carreira científica para elucidar os aspectos macroscópicos e microscópicos do segundo princípio da termodinâmica⁴, a fim de estender sua validade a novas situações (Earley, 2012).

Através de seus estudos, Prigogine constatou que, embora o universo possa avançar em direção à entropia⁵, espontaneamente surgem sistemas abertos com elevado grau de ordem. O cientista ainda afirma que esses sistemas não apenas resistem à entropia, mas também se desenvolvem (evoluem) cada vez mais estruturados (Porush, 1991).

A entropia é, por si mesma, irreversível: move as coisas em uma única direção. Uma vez na estrada entrópica, você não pode voltar para casa (Porush, 1991). Uma vez que sistemas reversíveis apresentam variação de entropia nula e os sistemas irreversíveis produzem entropia, Prigogine acredita que o aumento da entropia indica a direção do futuro (Massoni, 2008). Assumindo que a entropia continua aumentando à medida que os processos avançam e que a energia dissipada nunca pode ser recuperada, Prigogine acredita que esse sentido em direção a uma entropia sempre crescente é o que a fundamenta, caracteriza e possibilita a flecha do tempo (Capra, 2010).

Segundo o pensamento-Prigogine, o determinismo clássico é fundamentalmente uma negação da flecha do tempo - termo cunhado pelo astrofísico britânico Arthur Eddington (1882-1944) e que representa a unidirecionalidade temporal. Isso porque tanto a equação de Newton (mecânica clássica) quanto a função de onda de Schroedinger (mecânica quântica) concebem os processos dinâmicos como reversíveis e suas equações resultam em movimentos plausíveis independente da inversão do tempo (Massoni, 2008).

Por exemplo, se o tempo fosse revertido, a Terra giraria em torno do Sol na direção oposta e isso parece bastante aceitável, mas também um vidro quebrado no chão remontaria milagrosamente seus cacos de todas as direções e subiria de volta à mesa. Porém, nenhum desses processos é visto na natureza. Indo em direção oposta, para Prigogine, é evidente que todas as entidades, vivas ou não, carregam em si a marca da flecha do tempo (Porush, 1991). Sem a flecha do tempo, não haveria mais um momento privilegiado conhecido como presente, que segue de um passado determinado e precede a um futuro indeterminado.

Contudo, é preciso deixar claro que o “nascimento do nosso tempo não é, por conseguinte, o nascimento do tempo. Já no vazio flutuante, o tempo preexistia em estado potencial” (Prigogine, 2008, p. 57). Nessa perspectiva prigoginiana, o tempo é eterno.

Podemos falar do tempo de nosso nascimento, do tempo da fundação de Roma ou do aparecimento dos mamíferos e até mesmo do tempo do nascimento do universo. Mas a questão de saber “quando começou o tempo” escapa mais do que nunca à física, como sem

discussões prigoginianas como contribuições filosóficas.

4 O Segundo Princípio estabelece que a energia disponível no universo executa um movimento que vai da ordem perfeita à desordem absoluta, na qual se esgotará completamente (R. F. Carvalho, 2012).

5 A concepção de entropia foi introduzida no século XIX por Rudolf Clausius, um físico e matemático alemão, para medir a dissipação de energia em calor e atrito. Clausius definiu a entropia gerada num processo térmico como a energia dissipada dividida pela temperatura na qual o processo ocorre (Capra, 2010).

dúvida escapa às possibilidades de nossa linguagem e de nossa imaginação. Não podemos pensar a origem do tempo, mas apenas as “explosões entrópicas” que a pressupõem e são criadoras de novas temporalidades, produtoras de existências novas, caracterizadas por tempos qualitativamente novos. O tempo “absoluto”, que precede toda a existência e todo o pensamento, situa-nos, portanto, no lugar enigmático que obsidia a tradição filosófica, entre o tempo e a eternidade (Prigogine & Stengers, 1990, p. 203).

De maneira ampla, Prigogine tenta nos dizer que “somos os filhos do tempo e não os seus genitores” (Prigogine, 2009), p. 58). E é justamente essa percepção temporal da natureza que possibilita a compreensão de uma nova aliança entre o ser humano e a natureza proposta pelo pensamento-Prigogine (Carvalho, 2017).

Na perspectiva de Prigogine, vivermos num tempo intrinsecamente irreversível e os sistemas físicos não enxergarem essa flecha do tempo fez com que surgisse o paradoxo do tempo. O pensamento-Prigogine acredita que a resolução desse paradoxo do tempo encontra-se no melhor entendimento dos sistemas dinâmico instáveis. Para isso, é preciso aceitar “que a dinâmica não é determinista, que a noção de trajetória se perde com o tempo, e que essa perda de informação conduz necessariamente a uma forma de irreversibilidade” (Novaes, 2010).

Na verdade, o que Prigogine propõe é uma reconceitualização drástica para várias concepções fundamentais da matéria, em que coexistem a estrutura e a mudança, a quietude e o movimento. Ele sugere uma transição do estável para o instável, da ordem para a desordem, do equilíbrio para o não-equilíbrio, do ser para o devir (Capra, 2010). A perspectiva prigoginiana compreende, então, que “o mundo é constituído por movimentos irregulares, caóticos, concepção mais próxima dos atomistas antigos do que das órbitas newtonianas” (Costa et al., 2009, p. 5).

Para a dinâmica clássica, a trajetória é o elemento fundamental que define o ideal de inteligibilidade. Uma vez que a trajetória descreve o comportamento apenas de forma determinista e reversível, Prigogine sugere que essa descrição seja realizada através do conjunto de trajetórias. Com isso, o pensamento-Prigogine aposta na concepção de que o caráter probabilístico deva ser ainda mais acentuado que no universo quântico (Prigogine & Stengers, 1991).

Massoni (2008, p. 2308-4) afirma inclusive que “a ruptura da equivalência entre a descrição individual (trajetórias) e a descrição estatística é o ponto central da abordagem de Prigogine”. E Prigogine (2011) tinha clareza de que o abandono da noção de trajetória corresponderia a uma ruptura radical com a ciência clássica.

Ora, se os fenômenos instáveis não mais podem ser explicados através de trajetórias individuais ou funções de onda e sim por meio da evolução do conjunto de trajetórias, um dos aspectos cruciais desta nova leitura proposta por Prigogine é o surgimento da incerteza. Tomando que a quase totalidade dos sistemas têm sensibilidade às condições iniciais, a descrição estatística, intrinsecamente probabilística, torna-se indispensável para o pensamento-Prigogine (Massoni, 2008). E foi caminhando por esta via que Prigogine (2000) conseguiu demonstrar que, longe do equilíbrio, a estabilidade em relação às perturbações é geralmente perdida.

O resultado essencial de nossa pesquisa é, de fato, a identificação de sistemas que impõem uma ruptura da equivalência entre a descrição individual (trajetórias, funções de onda) e a descrição estatística de conjuntos. E é no nível estatístico que a instabilidade pode ser incorporada às leis fundamentais. As leis da natureza adquirem, então, um significado novo: não tratam mais de certezas morais, mas sim de possibilidades. Afirmam o devir, e não mais somente o ser (Prigogine, 1996, p. 158-159).

Outro conceito frequentemente utilizado por Prigogine refere-se à bifurcação, sendo esta o ponto crítico por meio do qual um novo estado se torna possível na natureza (Prigogine & Stengers, 1991, p. 122). Ibáñez (2003, p.119) explica que “os pontos de bifurcação são zonas altamente instáveis, muito sensíveis a qualquer

mínima alteração ou modificação de seu ambiente”. Diante de uma bifurcação, o sistema possui várias possibilidades e escolhe uma delas. Caso o experimento seja repetido, ele poderá escolher outro caminho. A escolha deste caminho está associada à probabilidade. Em outras palavras, e como Prigogine gosta de ressaltar, o futuro não é dado (Prigogine, 2000).

Partindo da lente prigoginiana, somente algumas possibilidades se concretizarão - e não todas. “Nesta perspectiva, nosso universo teria nascido sob o signo da instabilidade” (Prigogine & Stengers, 1991, p. 171). Ou seja, a origem do universo não é um acontecimento determinista, mas sim um acontecimento estatístico.

Para Prigogine (1997) fazia ainda mais sentido tratar do conjunto de trajetórias, pois é no nível das populações que emerge a distinção entre o passado e o futuro, a “flecha” do tempo”. Mais que isso, abandonar as trajetórias individuais esclareceria, de uma vez por todas, que as leis da natureza não mais se referem às certezas e, sim, às possibilidades (Prigogine, 1997).

Prigogine também desenvolveu um modelo matemático para os sistemas de não equilíbrio e foi capaz de mostrar, em termos gerais, como eles são criados e sustentados (Millar et al., 2002). Prigogine nomeou seu modelo de estruturas dissipativas e se tratava de sistemas (físicos ou químicos) que, quando longe do equilíbrio, conseguem se auto-organizar em um nível mais alto de complexidade e, desta forma, desenvolver ordem a partir do caos - sair de uma bifurcação de caos aparente para a ordem (Porush, 1991).

Esses sistemas foram nomeados de estruturas dissipativas por Prigogine porque eliminam (dissipam) os produtos de suas instabilidades para conseguirem sobreviver às trocas de energia com o universo entrópico (Porush, 1991). Enquanto para a termodinâmica clássica, a dissipação de energia está associada com desperdício, as estruturas dissipativas introduzem uma mudança radical ao postular que, em sistemas abertos, a dissipação converte-se em fonte de ordem (Capra, 2010). “E esta nova propriedade, esta sensibilidade da matéria a si mesma e a seu ambiente está ligada à dissipação associada aos processos irreversíveis” ((Prigogine, 2011), p. 71).

As interações nas estruturas dissipativas são majoritariamente irreversíveis e raramente seguem trajetórias simples e, ainda quando parecem seguir uma via simples, continuam sendo processos irreversíveis (Porush, 1991). Para Prigogine, “a irreversibilidade, associada à flecha do tempo, pressupõe a existência de uma diferença intrínseca entre o passado e o futuro e é um elemento crucial da existência humana” (Prigogine, 2009, p. 53).

Próximo ao equilíbrio, os sistemas apresentam fenômenos repetitivos e suas leis são universais. Já as estruturas dissipativas distantes do equilíbrio, segundo o modelo de Prigogine, não seguem nenhuma lei universal e seus comportamentos são específicos para cada sistema distinto.

Para as estruturas dissipativas, é também distante do equilíbrio que surgem os pontos de bifurcação, que possibilitam mais de uma solução para as equações não lineares que descrevem os sistemas. Desta forma, afastar-se do equilíbrio significa mover-se do universal para o único, à riqueza e à variabilidade (Capra, 2010). “Num tom metafórico, pode-se dizer que, no equilíbrio, a matéria é cega, ao passo que longe do equilíbrio, ela começa a ver” (Prigogine, 2011, p. 72).

Três características importantes das estruturas dissipativas é que elas só podem existir em simbiose com o ambiente, não podem ser explicadas num mundo regido por leis reversíveis e que elas passam por sucessivas bifurcações (Costa et al., 2009). Segundo Prigogine, durante as sucessões de bifurcações, intercalam-se zonas deterministas (entre as bifurcações) e zonas probabilísticas (que são os próprios pontos de bifurcação). Como as bifurcações possibilitam diversos caminhos para o sistema, quebra-se o determinismo desde a escala micro à escala macroscópica (Prigogine, 2009, p. 25).

O ponto importante é que, estando muito afastado do equilíbrio, não há mais nenhuma garantia de que o sistema impulsionado voltará a seu estado inicial. Ao contrário, o sistema começa a explorar novas estruturas e novas espécies de organizações espaço-tempo, as quais chamo de estruturas dissipativas (Prigogine, 1997, p. 83).

Massoni (2008) alega que as flutuações e as instabilidades - conceitos inacessíveis à descrição determinística - desempenham um papel primordial no que tange às estruturas dissipativas. Sendo justamente as flutuações e as instabilidades a maior influência para a “escolha” do sistema por seu novo modo de ação e evolução.

Segundo Capra (2010), a física clássica postula que a soma das propriedades das partes compreendem o todo. Por outro lado, para Prigogine, as características de uma estrutura dissipativa são resultado de sua organização supramolecular e não podem ser compreendidas como a soma das propriedades individuais de suas partes (Capra, 2010).

Outro importante aspecto que afasta o pensamento-Prigogine da rígida estrutura da ciência clássica é que, no modelo prigoginiano para as estruturas dissipativas, ainda que conheça as condições iniciais de um sistema, isso não permitirá a previsão de qual das vias possíveis o sistema percorrerá. Desta forma, conforme explana Massoni (2008, p. 2308-3), “as estruturas dissipativas, reconhecem o papel fundamental das flutuações e da instabilidade, abrem um novo mundo, novas interrogações, noções de múltipla escolha, de liberdade e criatividade, que não têm lugar no mundo determinista”.

Quando as estruturas dissipativas sofrem perturbações e estas, ainda que pequenas, amplificam-se ao longo do tempo, significa que, mesmo as trajetórias que possuam condições iniciais iguais ou muito similares, acabam divergindo exponencialmente com o passar do tempo (Massoni, 2008). Nomeiam-se esses sistemas que possuem sensibilidade às condições iniciais de sistemas dinâmicos instáveis. Quando esta instabilidade chega a sua marca mais radical, quando um sistema dinâmico instável chega ao seu ponto mais veemente, alcança-se o caos (Ibáñez, 2003).

A teoria do caos, defendida por Prigogine surge de seu sucesso em encontrar um modelo matemático que reconcilia os três paradoxos problemáticos da cosmologia científica do século XX: diferentes descrições de crescimento em sistemas físicos (entropia versus evolução), diferentes papéis do tempo (microscopia física versus macroscopia biológica) e a problemática da representação simplista de um mundo nitidamente complexo. Ao dar peso à complexidade, a teoria prigoginiana reconcilia esse conflito entre os reinos microscópicos e macroscópicos (Porush, 1991).

O senso comum associa o caos à anarquia e à imprevisibilidade; mas não é assim que Prigogine o compreende. Antes atrelado apenas ao aumento da desordem, agora o caos aqui é interpretado como fonte de ordem. Ou seja, os sistemas dinâmicos instáveis caóticos não são sinônimos de desordem, pois possibilitam, na instabilidade, a ocorrência de novos eventos que geram organização (Carvalho, 2012). Desta forma, sendo possível a existência da ordem e desordem no caos, este, surpreendentemente para a ciência clássica, apresenta um papel construtivo e indispensável (Capra, 2010; Massoni, 2008). Ou seja, o caos (ou processos irreversíveis) não é mais um mero acaso!

Estamos, agora, em condições de decifrar a mensagem da evolução tal como ela se enraíza nas leis fundamentais da física. Somos, doravante, capazes de decifrar seu significado em termos de instabilidade associada ao caos determinista e à não-integrabilidade (Prigogine, 2011, p. 158-159).

Uma vez que as estruturas biológicas, a auto-organização e a vida só são possíveis longe do equilíbrio (Massoni, 2008), é possível encontrar o indeterminismo e o comportamento caótico em quase todos os sistemas que existem na natureza (Fróis, 2004). Desta forma, Prigogine acredita que devam ser incorporadas a irreversibilidade, a probabilidade, o indeterminismo, e a assimetria do tempo nas expressões básicas da mecânica clássica e da quântica (Prigogine, 2000). E é neste ponto que Prigogine recebe suas maiores críticas e represálias, em grande parte pelos conservadores da física clássica.

1. A epistemologia de Prigogine

Prigogine - tomando o tempo e a irreversibilidade como propriedades fundamentais para a compreensão do universo – acreditava que suas contribuições para o desenvolvimento da físico-química poderiam também substanciar várias reflexões filosóficas (Carvalho, 2012). Com isso, a relevância do pensamento-Prigogine ultrapassou os campos da Física e da Química e chegou até a epistemologia. Massoni (2008), inclusive, ao referir-se ao constructo teórico de Prigogine para o campo filosófico, utiliza a expressão “ideias epistemológicas de Ilya Prigogine”.

Mas acredito que filosofia e ciência estão conectadas; ambas são expressões da cultura humana, e você não pode fazer filosofia sem levar em consideração a ciência do seu tempo, ou fazer ciência sem entender quais são os problemas que interessam aos seus contemporâneos. Até sinto que, em certo sentido, os filósofos, artistas e escritores anteciparam o que está acontecendo agora (Prigogine, 2000, online).

De modo amplo, o pensamento-Prigogine é edificado nos conceitos de bifurcação - advinda da ordem do acontecimento novo - e de flutuação - que se refere ao não previsível, mas que está em potencial. Desta forma, pressupostos da teoria Prigoginiana, como o caráter histórico do universo, a existência das estruturas dissipativas e da instabilidade das partículas elementares, possibilitaram um novo entendimento do mundo.

Nesta nova compreensão do mundo, o lugar que habitamos no universo é, desta forma, um mundo de processos, de criação, de destruição e de evolução, ou seja, um mundo que não mais é governado por leis que ignoram a existência do tempo. Solicita-se, desta forma, que o ideário de entendimento da física clássica seja também reavaliado (Carvalho, 2012).

Longe de reencontrar, além dos fenômenos de nossa escala, um mundo que escapa ao tempo, é um mundo ativo, no seio do qual se criam e desaparecem partículas a cada instante, que se impôs à surpresa dos físicos (Prigogine & Stengers, 1992, p. 47).

Para Prigogine (1991), estamos na Pré-História da ciência, mas que, ainda assim, já sabemos que as leis não governam o mundo e que este tampouco é regido pelo acaso. As leis físicas estão associadas à instabilidade e, quer no nível microscópico, quer no macroscópico, descrevem os eventos enquanto possíveis, sem reduzi-los à consequências dedutíveis ou previsíveis de leis deterministas (Prigogine & Stengers, 1991).

Ainda neste sentido, ao tratar do rompimento com a epistemologia cartesiana, Bachelard (Bachelard, 1991) está em acordo com a proposição Prigoginiana, e também ratifica a inadequabilidade das simplificações newtonianas para a abordagem dos sistemas. Fróis (2004) nos alerta que estamos passando por uma crise do modelo de racionalidade científica, que teve origem nas proposições de Einstein, mas que não sabemos quando acabará. Essa forte instabilidade foi e está sendo construída a partir de uma pluralidade de condições tanto teóricas, quanto sociais.

Santos (2010), afirma que essa desconstrução não é uma corrente isolada, mas que, ao contrário disso, estamos lidando com um movimento transdisciplinar que acontece em diversificadas áreas do conhecimento. E é neste contexto que Prigogine ganha espaço para trazer as suas discussões sobre o tempo, o espaço, a natureza, a sociedade e o ser humano. Diversos outros autores dedicaram esforços para contribuir com questões relacionadas a esta ruptura da ciência com a epistemologia cartesiana⁶, porém Prigogine acaba colocando a sua teoria em evidência devido a profundidade e a ousadia das suas proposições (Fróis, 2004).

6 Entre os autores que discutem as questões relacionadas a necessidade da ruptura da ciência com a epistemologia cartesiana, destacamos o biólogo chileno Humberto Maturana, biólogo e filósofo chileno Francisco Varela, o físico alemão Hermann Haiken e o químico alemão Manfred Eigen.

Para o campo científico-filosófico, Prigogine propõe, ao mesmo tempo, uma abertura - com a reformulação dos fundamentos da Física, buscando uma nova coerência teórica - e uma continuidade - que possibilite a compreensão das teorias anteriores, assim como as suas contingências (Carvalho, 2012). Com isso, ainda que a ciência clássica tenha conseguido, em tese e em sua época, uniformizar as leis do microcosmo terrestre e do macrocosmo celeste, para Prigogine, o problema central da cosmologia científica continua sendo o de reconciliar as contradições entre os dois níveis de descrição, microscópico e macroscópico, quanto à forma da organização da natureza (Porush, 1991).

A ciência proposta por Prigogine tem como principal meta estabelecer um diálogo dinâmico e aberto entre o ser humano e a natureza que não separe um do outro e que leve em conta a própria criatividade nos elementos mais básicos dos próprios fenômenos naturais (Carvalho, 2017, p. 3).

Corroborando com a proposta prigoginiana, Costa et al. (2009) afirma que a Ciência vive hoje um novo momento, sendo este um momento em que ela deve discernir novos horizontes, aceitar novas questões e assumir novos riscos. Para o autor, esta é a única certeza e possibilidade de se estabelecer uma aliança entre o ser humano, a ciência e a natureza.

De alguma maneira, vejo meu próprio trabalho como o trabalho de reconciliação. Queria mostrar que a direção do tempo pode ser inserida no nível microscópico da dinâmica e, portanto, a famosa dicotomia entre as duas culturas, entre pessoas como Heidegger e Einstein, perde o sentido (Prigogine, 2000, online).

É importante frisar que Prigogine defende uma perspectiva crítica não só no que tange à ciência clássica, mas, à ciência como um todo (Carvalho, 2012). Prigogine inclusive questiona: se os resultados da ciência não interessam ao cidadão, como ousar pedir ao cidadão que apoie a ciência?⁷ (Prigogine, 2000).

E foi através da ciência do caos que Prigogine diz ter proposto “novas leis da natureza” que podem conectar as duas culturas, ou seja, as ciências naturais e as ciências humanas. Em suma, essa ciência do caos, ferozmente defendida e amplamente aprimorada por Prigogine, demonstra que o discurso narrativo (aquele que considera a existência do tempo) tem potência epistemológica (Porush, 1991).

Em todos os níveis, seja na Cosmologia, na Química, na Biologia ou nas Ciências Humanas, observamos instabilidade, flutuações e evolução. Quem poderia ter sonhado, no começo do século XX, que as partículas mais elementares são instáveis e que o nosso universo tem sua história? (Prigogine & Stengers, 1991).

Levando em consideração que foi um novo entendimento da flecha do tempo que proporcionou a possibilidade de transformação epistemológica, é preciso, desta forma, compreender este tempo de maneira diferente do que a cultura clássica o fez. Segundo Prigogine, será por meio da correta compreensão do tempo que se efetivará uma aliança do ser humano com a natureza, aliança essa que motiva toda construção teórica elaborada por Prigogine (Costa et al., 2009).

Ao assumirmos a Nova Aliança, assumimos também que de agora em diante as ciências da natureza descrevem um universo imprevisível cheio de diversidades qualitativas e de surpresas em potencial (Prigogine

7 Essa temática parece ser bastante pertinente para a atualidade dado que ela dialoga diretamente com temas bastantes urgentes para a sociedade brasileira neste delicado momento pandêmico que atravessamos. Temas polêmicos e de necessária discussão como utilização da (hidroxi)cloroquina, a questão do uso máscara, a necessidade do distanciamento social, a pós verdade e as fake news, emergem naturalmente dessa discussão sobre a necessidade de uma ciência que interesse e que faça sentido ao cidadão.

& Stengers, 1991). “Explorar a natureza não é mais sobrevoá-la por acreditar que já a conhece, mas sim caminhar por ela e nela, para perceber sua multiplicidade e complexidade” (Costa et al., 2009, p. 06).

Com isso, percebe-se que a teoria prigoginiana tem fortes pontos de desencontro com a ciência clássica. Talvez o principal deles seja a negação da temporalidade e da irreversibilidade por parte da ciência clássica. Neste sentido, Prigogine também enfatiza o fato de que a mecânica clássica pressupõe que determinismo e reversibilidade estritos se mantêm por toda parte, enquanto probabilidade e irreversibilidade são proibidas em qualquer contexto que seja (Porush, 1991). E assim como aponta Porush (1991), longe de ser apenas um mero problema de mecânica, isso também apresenta um conjunto de problemas filosóficos.

É importante destacar que as críticas à ciência clássica não são um fenômeno recente. Newton, ainda em vida, foi confrontado diversas vezes por sua teoria, mas o que se observa agora é que o pensamento-Prigogine, com sua maneira original de ver, pensar e fazer ciência reascendeu novas críticas aos dogmas da ciência clássica (Carvalho, 2012). Como apontam Costa et al. (2009), o objetivo central dessa discussão é ultrapassar uma natureza autômata e perceber uma natureza aberta, imprevisível, indeterminista. Sendo este o caminho para o processo de metamorfose da ciência que ressignificará a relação do ser humano com a natureza, compreendendo a ciência como prática social.

O universo de Newton é um lugar simples e organizado, de fato, um reino reconfortante, mas é também um lugar apenas imaginário/idealizado. E fundamentar uma epistemologia inteira insistindo que a natureza deve ser fundamentalmente simples nos coloca em conflito com a natureza óbvia das coisas ao nosso redor (Porush, 1991). Assim, a heterogeneidade não é mais lida como erro, anormalidade ou desvio do acaso em relação à média, mas sim como a própria base de processos biológicos, sociais e físicos (Maruyama, 1978). “Assistimos à emergência de uma ciência que não está mais limitada a situações simplificadoras, idealizadas, mas que nos coloca diante da complexidade do mundo real (Costa et al., 2009, p. 2)”

Creio que a ciência abre grandes possibilidades; mas vão ser realizadas ou não? Não sou profeta... Mas é nas escolhas, nas possibilidades - e creio que isso que é interessante -, que chegamos a uma nova racionalidade. Uma racionalidade na qual a verdade científica não é o certo ou o determinado, e o indeterminado ou o incerto não é a ignorância. Porque há liberdade na natureza que descrevemos, a qual permite por sua vez a liberdade interior que experimentamos (Prigogine, 2002b, p. 73).

Por outro lado, Maruyama (1978b) nos alerta que a apreciação de uma nova epistemologia para nossa ciência exigirá um enorme esforço intelectual podendo ser, muitas vezes, uma experiência até traumática para a comunidade científica mais conservadora. A autora ainda afirma que levará décadas para que a comunidade científica acorde com a constatação de que essa revolução epistemológica é necessária e que ela pede a reestruturação de conceitos clássicos da ciência. Maruyama (1978a) acredita que levarão mais algumas décadas para que o corpo principal da comunidade científica reconheça e aceite esta mudança epistemológica que, perceptivelmente, já hoje se encontra em progresso.

Neste sentido, Carvalho (2012) reforça que esse novo olhar para a ciência não significa uma crise paradigmática ou uma ruptura total com o paradigma que temos hoje; trata-se, no entanto, de uma metamorfose da ciência. Mas para que possamos conversar sobre os paradigmas dentro da teoria prigoginiana, faz-se necessário colocar frente a frente a posição epistemológica de Prigogine e de Kuhn.

Existem pontos divergentes entre o pensamento-Prigogine e a visão sobre ciência defendida por Thomas Kuhn. O principal deles é o questionamento de Prigogine quanto à necessidade de um deslocamento tão profundo de ideias para que se considere a ocorrência de uma revolução científica, problematizando a exigência de uma abrupta fragmentação com os paradigmas anteriores. O pensamento Prigogine, ao contrário disso, defende que também acontecem mudanças significativas durante os períodos chamando de “ciência normal” por Kuhn. Desta forma, a teoria prigoginiana defende, dentro do campo epistemológico, que a criatividade não é restrita aos períodos em que acontecem os eventos revolucionários.

Tal descrição encontra-se em nítido contraste com a análise psicossocial, através da qual Thomas Kuhn recentemente fez rejuvenescer certos elementos essenciais da concepção positivista da evolução das ciências: evolução no sentido de uma especialização e compartimentação crescentes das disciplinas científicas, identificação do comportamento científico “normal” com o trabalhador “sério”, “silencioso”, que não se demora em questões “gerais” sobre o significado global das suas pesquisas, e se limita aos problemas especializados da sua disciplina, autonomia essencial do desenvolvimento científico em relação aos problemas culturais, econômicos e sociais (Prigogine & Stengers, 1991, p. 219-220).

Prigogine deixa claro que para ele o progresso científico não se trata de um momento de crise paradigmática e, posteriormente, de uma revolução científica. O pensamento-Prigogine entende que acontecem, sim, mudanças dentro das estruturas teóricas da ciência, mas que essas mudanças são burocraticamente seccionadas em momentos de ciência normal e momentos de revolução científica (Prigogine & Stengers, 1991, p. 221). Assim, Prigogine não acredita que a evolução científica seja restrita ao movimento de ciência normal – revolução científica – ciência normal...

Foram, sobretudo, as continuidades que nos retiveram; não as continuidades “evidentes”, mas as mais escondidas; questões a propósito das quais certos cientistas não pararam de se interrogar. [...] O cientista não está votado a comportar-se como um sonâmbulo kuhniano; ele pode, sem renunciar, contudo, a ser um cientista, tomar a iniciativa, procurar integrar nas ciências perspectivas e questões novas.” (Prigogine & Stengers, 1991, p. 221).

“A metamorfose das ciências contemporâneas não é ruptura. Cremos, ao contrário, que ela nos leva a compreender a significação e inteligência dos saberes e de práticas antigas que a ciência moderna, orientada pelo modelo de uma fabricação técnica automatizada, havia acreditado poder negligenciar (Prigogine & Stengers, 1991, p. 224-225).

Prigogine e Gaston Bachelard convergem ao questionarem se a epistemologia cartesiana, sustentada na referência a ideias simples, seria o suficiente para caracterizar o pensamento científico atual. Para ambos, a ciência moderna tem profundidade e liberdade bem distintas da configuração cartesiana (Bachelard, 1991). Em contrapartida, Prigogine continua a divergir de filósofos que, assim como Bachelard, caracterizam o progresso da ciência em termos de rupturas.

Argumenta ele [Prigogine] que não há de fato um vazio entre dois estágios da ciência, pois o hiato aparente estaria na verdade preenchido pelas questões negadas, declaradas ilegítimas, mas que por serem dotadas de existência real ali permaneceram, surdamente, minando o solo do desenvolvimento científico estabelecido e lançando o germe das transformações naturais ao curso do saber, que acabarão por se articular em torno de uma verdadeira metamorfose da ciência (Santos, 2010, p. 64).

Diante do exposto, é importante frisar que Prigogine não tem a pretensão de criar um novo paradigma ou postular uma nova unanimidade para, então, ter cientistas a serviço desse novo paradigma desenvolvendo suas atividades de pesquisa seguindo uma “normalidade”. Diferentemente disso, seus pressupostos consideram a validade das teorias desenvolvidas anteriormente, porém, considerando as metamorfoses pelas quais a ciência tem experimentado desde o seu início. Dito de outra forma, para o pensamento-Prigogine, o mundo não é um espaço severamente regido por leis, como orienta a física clássica, e tampouco este espaço é regido por simples obras do acaso (Carvalho, 2012).

2. Críticas ao pensamento-prigogine

Ao questionar o limite de aplicabilidade do modelo da física clássica para outras áreas do saber, a crítica de Prigogine às certezas baseadas no determinismo acabou atraindo mais críticas e hostilidade do que admiração e consenso. Por contestar a certeza proclamada pela ciência tomada como irrefutável e inquestionável Prigogine foi, por muitos, considerado como um traidor da ciência, um desertor da própria ciência, um herege (Spire, 2000, p. 80).

De modo geral, a comunidade científica reconhece a extensão, qualidade e importância dos excelentes trabalhos que Prigogine fez na área de termodinâmica de não-equilíbrio. Ainda assim, um quantitativo considerável de físicos contesta ferozmente a sua obra. Algumas vezes por acharem que o seu modelo de estruturas dissipativas se trata de um domínio muito específico, outras vezes por acreditarem que Prigogine generalizou de forma irresponsável suas descobertas (Santos, 2010).

Na verdade, Prigogine não sugeriu o abandono das teorias já validadas, pois isso realmente seria incoerente. Para ele, os pressupostos da física clássica eram coerentes para algumas áreas do campo científico (sistemas estáveis e deterministas), mas não para a sua totalidade (sistemas instáveis) (Carvalho, 2012). Porém, Prigogine não tentou apenas implementar mudanças trazendo novos argumentos, sua proposta pede que os conceitos já consolidados no meio científico sejam substancialmente revistos (Costa et al., 2009).

Na visão clássica, uma lei da natureza estava associada a uma descrição determinista e reversível do tempo, em que o futuro e o passado desempenhavam o mesmo papel. A introdução do caos obriga-nos a generalizar a noção de lei da natureza e nela introduzir os conceitos de probabilidade e de irreversibilidade. Trata-se, nesse caso, de uma mudança radical, pois, se quisermos mesmo seguir essa abordagem, o caos nos obriga a reconsiderar a nossa descrição fundamental da natureza [...] quer microscópico, quer macroscópico, quer cosmológico (Prigogine, 2002a, p. 11).

Segundo Almeida (2004), as forças de resistência ao novo, o despreparo ao que desestrutura a certeza anterior, foram os principais entraves para a implementação efetiva do pensamento-Prigogine no meio científico. Só para se ter noção da mudança pretendida, a concepção de Prigogine de tempo, espaço e matéria ou se distância em algum ponto ou até se opõe radicalmente às teorias elaboradas por Jacques Monod, Schrödinger, Henri Bergson, Isaac Newton e Albert Einstein (Almeida, 2004).

Novaes (2010, p. 1306-1), ao defender ferozmente a física clássica, aponta três grandes falhas na obra prigogiana: 1) a motivação mesma da argumentação de Prigogine é deficiente; 2) a “revolução” que ele pretende ter introduzido foi feita por outras pessoas; 3) suas conclusões não se sustentam.

Novaes (2010) afirma que, apesar de Prigogine ser provavelmente o nome mais famoso na teoria do caos e na teoria da complexidade, ele fez poucas contribuições originais para esses campos. O autor afirma que somente os termos “estruturas dissipativas” e “longe do equilíbrio” pertencem a Prigogine, mas que a maioria dos conceitos-chave que são apresentados na obra prigoginiana são conceitos termodinâmicos que já estavam elucidados nas teorias de Boltzmann, Bertalanffy e Schrödinger (“auto-organização”, “sistemas complexos”, “pontos de bifurcação”, “não linearidade”, “quebra de simetria”, “irreversibilidade”).

Um dos principais críticos do trabalho de Prigogine foi Jean Bricmont, professor de física teórica da Universidade Católica de Louvain, situada a uma curta distância de Bruxelas, sendo inclusive o autor de uma das mais consistentes críticas aos argumentos de Prigogine. O trabalho em questão trata-se do artigo que foi polemicamente publicado com o título *Science of chaos or chaos in science?* (1995). O principal argumento de Bricmont (1995) é que a explicação de Boltzmann, difundida no final do século XIX, sobre a origem da irreversibilidade, já é totalmente satisfatória. Para este crítico, trabalhos recentes sobre a termodinâmica de processos irreversíveis não trouxeram mudanças radicais na compreensão física fundamental (Earley, 2012).

Já Bishop (2004) acredita que a origem local da irreversibilidade tenha sido estabelecida de maneira inequívoca por Prigogine. Na visão dele, o trabalho de Prigogine avançou bastante na descrição e no entendimento de sistemas distantes do equilíbrio, mas ele não está convencido de que a flecha do tempo não tenha sido colocada “à mão”, talvez inconscientemente, por razões basicamente filosóficas (Earley, 2012).

Novaes (2010) concorda com Bricmont (1995) e afirma que a proposta prigoginiana de uma reformulação probabilística para as leis que subsidiam a física clássica é irracional.

As declarações são evidentemente exageradas. Em nenhum momento se faz necessário repensar as leis fundamentais da física. De maneira alguma eliminamos a noção de trajetória da nossa descrição microscópica. Simplesmente optamos por uma descrição estatística como consequência da nossa ignorância sobre as condições iniciais. Por mais que Prigogine diga que a representação estatística é irreduzível, ela não é. (...) não há hipótese de qualquer resultado obtido a partir dele (modelo de estruturas dissipativas) ser mais rico do que a descrição em termos de trajetórias (Novaes, 2010, p. 1306-3).

Para Novaes (2010), a distribuição de probabilidade constante reflete apenas nossa ignorância, ditada pelas limitações de medida. Esse físico acredita que essa discussão seja algo absolutamente elementar, mas que, ainda assim, a obra prigoginiana consegue confundi-la com uma retórica hiperbólica.

Cabe ressaltar que, anos antes da premiação de Prigogine, o comitê concedeu ao físico Lars Onsager o Prêmio Nobel de Química de 1968 por suas contribuições à termodinâmica de processos irreversíveis em sistemas vivos. Desta forma, a comunidade científica da Física, apesar de não concordar plenamente com as proposições de Prigogine, não parece considerar essa discussão da irreversibilidade como elementar, como apontou Novaes.

Diversos físicos acreditam que a inclusão da irreversibilidade nas teorias físicas seja fruto de nossa ignorância. O físico de partículas (Gell-Mann, 1994), por exemplo, desacredita que o tempo irreversível possa compreender os elementos constituintes da matéria, os organismos vivos, a complexidade biológica e a complexidade cultural do ser humano. Gell-Mann crê que se pudessemos genuinamente tudo conhecer, seria-nos apresentado um universo totalmente determinado.

Para Michel (Paty, 1995), filósofo da ciência francês, a flecha do tempo somente faz sentido para o universo termodinâmico, discordando de uma suposta vulgarização da irreversibilidade encabeçada por Prigogine. Paty também acredita que o termo “flecha do tempo” não seja adequado e que deveria ser substituído pela expressão “curso do tempo”. Indo neste mesmo sentido, (Ruelle, 1993) defende que a flecha do tempo é apenas uma probabilidade aparente (Spire, 2000).

Schöpke (2009) questiona se o futuro realmente possui uma realidade em si e se ele representa uma porta aberta para o desconhecido. Para esta autora, caso o universo verdadeiramente estivesse aberto ao novo, à criatividade, esta propriedade estaria intrinsecamente relacionada às propriedades da matéria e não à realidade do tempo. Segundo Schöpke (2009, p. 271), ainda que Prigogine garantisse que a temporalidade exista e que preceda tudo o que existe, a arguição e o modelo prigoginiano para evidenciar a existência da temporalidade continuariam estreitamente ligados à matéria. Porém esta autora é categorica ao afirmar que o tempo não existe e que o devir é, simplesmente, o movimento da matéria.

Entretanto, já prevendo esse questionamento, Prigogine escreveu que a temporalidade pode converter-se em espaço e também em matéria. “De fato, a vida e a própria existência do universo podem ser concebidas como a inscrição, no espaço e na matéria, da irreversibilidade temporal” (Prigogine, 1986, p. 241).

[...] a irreversibilidade pode levar à formação de moléculas que não poderiam ter sido sintetizadas em condições próximas do equilíbrio e podem ter um caráter mais permanente. Neste caso, a irreversibilidade inscreve-se na matéria. Simulações em computador mostraram que, de fato, moléculas do tipo “biomoléculas” podiam ser produzidas [...]

veremos que a própria matéria é, em certo sentido, o resultado de processos irreversíveis (Prigogine & Stengers, 1996, p. 163).

O pensamento-Prigogine discorda totalmente da maioria quase absoluta da comunidade científica que considera irreal a direção temporal que tende ao futuro e que, para isso, trata a flecha do tempo como uma questão fenomenológica, simplesmente como aparência subjetiva (Ibáñez, 2003), p. 109). A perspectiva prigoginiana postula que não só a flecha do tempo exista, como também é uma propriedade fundamental do universo.

Indo em defesa ao pensamento-Prigogine, Capra (2010) explana que a diferenciação entre futuro e passado é parte integral da física e que os processos irreversíveis são essenciais à química e à vida. Desta forma, a reconceitualização proposta por Prigogine, entendida como uma fundamentação para a mudança de paradigmas deve ser abordada num contexto mais amplo, não só nos domínios da física.

Na lógica de Prigogine, “se o mundo é determinado, a temporalidade é uma ilusão”, porém, “se a temporalidade é uma ilusão, a aprendizagem, a nossa história, a nossa vida, também são ilusões” (Spire, 2000, p. 70). Prigogine discorda que nós seres humanos, por sermos seres limitados, somos então os responsáveis pela diferença entre presente, passado e futuro (Carvalho, 2012).

Earley (2012) afirma que não há consenso quanto ao êxito de Prigogine em estabelecer a origem da flecha do tempo como local, mas que, da mesma forma, também não há consenso sobre se a explicação global concorrente (derivando a irreversibilidade da singularidade inicial) está correta ou não.

É também importante ressaltar que os trabalhos de Prigogine foram desenvolvidos nas décadas de 50 e 60, enquanto que a sua atividade de elaboração de livros de divulgação científica foi bem posterior (Novaes, 2010; Porush, 1991). Desta forma, é de fato possível que sua obra contenha elementos desatualizados ou mesmo obsoletos, porém isso não invalida a pertinência de seu trabalho, nem a importância do mesmo para o desenvolvimento tanto da termodinâmica quanto das discussões epistemológicas levantadas por Prigogine.

Na verdade, o que parece impedir o avanço do pensamento Prigogine no meio científico não são os erros encontrados em suas composições – a maioria das grandes teorias, originalmente, também os possui – e sim o desenvolvimento de sua perspectiva significar o abandono das certezas que a física clássica demorou séculos para construir. A discussão não parece estar permeada somente pelo critério da pertinência e da validade, mas sim por sentimentos conservadores como apego e vaidade⁸.

Mas, porque os cientistas estão acostumados a usar seus conhecimentos e capacidades tácitas de modo pré ou inconsciente, há a tendência de serem mantidos os velhos moldes e usá-los com os novos contextos, o que conduz a uma mistura de confusão e fragmentação, levando, em alguns casos, à ruptura do próprio diálogo teórico entre visões diferentes (Carvalho, 2012, p. 76).

Prigogine sustentava que sua pesquisa tinha grande importância filosófica propriamente dita. Porém, apesar de terem sido recebidas com grande entusiasmo em muitas partes do mundo, as discussões filosóficas levantadas por Prigogine em seus livros publicados para o público em geral também geraram desconforto e até hostilidade de muitos físicos (Earley, 2012).

Novaes (2010) afirma que as elucubrações filosóficas do Pensamento-Prigogine acerca do caos, da irreversibilidade e da flecha do tempo, têm relevância bem menor do que a pretendida pelos campos que aceitam essas discussões de forma ampla e acrítica. Este autor acredita que a proposta de Prigogine possa conquistar

8 Ao proporem alternativas ao positivismo predominante na ciência e por desenvolverem modelos de mudança e progresso científico, trabalhos como os de Paul Feyerabend, de Stephen Toulmin e de Thomas Kuhn, também discutiram a questão do conservadorismo dentro da comunidade científica. Estes autores confrontaram a prática real da ciência com pressupostos positivistas, como por exemplo como a cumulatividade da ciência e a redutibilidade da linguagem teórica à observacional.

apenas a atenção de leigos interessados das áreas de Ciências Sociais, Filosofia e Biologia e está convicto que estas áreas que abraçaram o ideal prigoginiano estejam comprando uma imagem equivocada / enganosa do que realmente seja o determinismo e do que seja o tempo para os físicos.

Ainda segundo Novaes (2010), as discussões filosóficas de Prigogine estão longe de encontrar aceitação unânime entre os especialistas. De fato, nem o próprio Prigogine acreditava que isso acontecesse, uma vez que suas proposições possuíam alto nível de radicalidade frente ao pensamento corrente clássico. Construir um terreno sólido para que se iniciassem as discussões sobre a realidade do tempo, parece ter sido o principal legado de Prigogine.

Mais que isso, Novaes (2010) ainda afirma que nem é por serem controversas que as ideias de Prigogine perdem seu mérito, mas que, antes disso, a teoria prigoginiana já é ignorada por ser considerada inofensiva. E neste ponto, mais que nos outros, estou em total desacordo com a colocação deste autor. Pois bem, ele tem o direito de achar controversas as proposições do pensamento-Prigogine, mas dizer que essas são ignoradas ou inofensivas é inverídico. O que acontece, na realidade, é que suas discussões são utilizadas como referencial teórico por respeitados autores em diversos segmentos do campo científico (por exemplo, Morin e Capra) e suas arguições, de tão consistentes, impulsionaram a comunidade científica a, no mínimo, recolocar o tempo e a possibilidade de criatividade em evidência.

[...] entendemos que a contribuição de Prigogine, muito mais do que uma autêntica epistemologia, tem o mérito de mostrar que mesmo em nossos tempos, que a muitos parece transcorrer um período de ciência normal nos moldes kuhnianos, existe espaço para o novo (Massoni, 2008, p. 2308-7).

Muitos membros da comunidade científica defendem que a rejeição prigoginiana à ciência clássica não se baseia fielmente em motivos técnicos, mas sim à devoção precoce e duradoura de Prigogine à filosofia de Henri Bergson (Earley, 2012). Mas acontece que a discussão prigoginiana tem sim pertinência filosófica dentro do próprio meio científico! Por exemplo, a tensão entre as posições de Prigogine e seu compatriota, o físico teórico Bricmont, versavam, em sua quase totalidade, sobre a continuação de um debate perene, basicamente metafísico. O que é bastante coerente, pois, se a busca de Prigogine por uma origem local de irreversibilidade termodinâmica fosse bem-sucedida, isso transformaria também a cosmologia (Hein, 1972; Earley, 2012).

Que a diferença entre um universo com suas leis físicas determinísticas e reversíveis e um outro universo com suas leis estocásticas e irreversíveis interessa aos cientistas, filósofos e epistemólogos, isso parece estar claro. Porém alguns estudiosos questionam se esta discussão tenha alguma relação com ética ou com metafísica e acusam Prigogine de tentar inferir neste mundo irreversível com propósito cósmico, misticidade e/ou espiritualidade.

Quase sempre é enfatizado que a termodinâmica se preocupa com processos reversíveis e estados de equilíbrio e que não pode ter nada a ver com processos irreversíveis ou sistemas fora de equilíbrio nos quais as mudanças estão progredindo a uma taxa finita. A razão para a importância dos estados de equilíbrio é bastante óbvia quando se reflete que a própria temperatura é definida em termos de estados de equilíbrio. Mas a admissão de impotência geral na presença de processos irreversíveis parece, à reflexão, uma coisa surpreendente. A física geralmente não adota tal atitude de derrotismo (Kondepudi et al., 2017, p. 104501-2).

No que confere ao entrelaçamento da ciência com a ética, Prigogine, ao apresentar postura epistemológica com teor crítico, não concorda em desvincular os cientistas de sua produção científica. Seguindo este mesmo princípio, Prigogine também não desvincula a natureza do ser humano. Com isso, a questão não é que Prigogine traga elementos de misticidade à sua teoria, mas sim que ele compreende o universo como uma entidade inclinada à criatividade. Adotando esta percepção, o mundo que habitamos torna-se muito mais

interessante e complexo (e não mais mágico ou místico) que a abordagem determinística preconiza. Inclusive, Prigogine considerava perniciosa essa leitura do mundo regido por leis reversíveis, pois a aceitação desta implica numa separação radical entre realidade física fundamental e as preocupações humanas (Earley, 2012).

Ainda que não haja consenso no meio científico, o pensamento-Prigogine teve reconhecimento de vários pesquisadores e intelectuais de diversas áreas do conhecimento. Veremos na sessão seguinte como suas colocações possibilitaram a interdisciplinaridade entre diferentes segmentos do campo científico.

3. O impacto Prigogine

Segundo Prigogine (1967), a maioria expressiva dos fenômenos que ocorrem em nosso cotidiano são processos irreversíveis que se dão fora do estado de equilíbrio. A urgente necessidade de uma extensão dos métodos da ciência clássica, de modo a incluir processos irreversíveis, é amplamente defendida pelo pensamento-Prigogine.

No equilíbrio tudo é simples e estável. Porém, a realidade é irregular, barulhenta e imprevisível (Porush, 1991). O mundo real acontece longe do equilíbrio, onde o complexo e o instável certamente estarão presentes (Prigogine & Blattchen, 1998). Um estado de verdadeiro equilíbrio termodinâmico é atingido apenas em condições excepcionais.

Prigogine (1967) exemplifica esses sistemas que não atingem o equilíbrio termodinâmico citando os traçadores radioativos – em que os ácidos nucleicos contidos nas células vivas trocam continuamente matéria com o ambiente – e o fluxo constante de energia que se origina no Sol e nas estrelas - que impede que a atmosfera da Terra (e também a atmosfera das estrelas) atinja um estado de equilíbrio termodinâmico.

Essa abertura de uma estrutura ao fluxo de energia e de matéria caracteriza o que Prigogine chamou de estruturas dissipativas⁹. Capra (2010) afirma que uma estrutura dissipativa pode ser tanto um sistema não vivo – objeto de estudo comumente investigado por Prigogine – como também, um sistema vivo – como as células de Bernad e os relógios químicos. E é neste momento que a teoria de Prigogine extrapola drasticamente os limites da física e da química e começa a ganhar notoriedade em novos campos.

Para o pensamento-Prigogine, longe de propor uma visão única para outras ciências, o físico descobre, em seu próprio domínio, uma realidade múltipla, que não pode ser dotada de nenhum sentido sem reconhecer, ao mesmo tempo, a diversidade irreduzível dos problemas que as outras ciências devem enfrentar.

Com isso, Prigogine questiona a compreensão dicotômica comumente empregada entre as ciências naturais e as ciências humanas (Almeida, 2004). Prigogine (Prigogine & Stengers, 1991) declara não há nenhum modelo ou padrão de uma área ou disciplina do conhecimento para outra. E em outra citação, ele nos alerta que “a ciência de hoje não pode mais dar-se ao direito de negar a pertinência e o interesse de outros pontos de vista e, em particular, de recusar compreender os das ciências humanas, da filosofia e da arte” (Prigogine & Stengers, 1997, p. 41).

Quando Prigogine expressou em linguagem não matemática suas proposições e discursou *também* em favor das ciências humanas e da sua importância para uma compreensão integral do mundo em que vivemos, ele acabou estabelecendo diálogos frutíferos com os mais variados campos. Essa abertura do químico teórico que escrevia proposições filosóficas às ciências sociais culminou na teoria prigoginiana penetrando espaços que pareciam de impossível acesso para uma teoria epistemológica advinda de estudos termodinâmicos.

Prigogine levou esse diálogo ciências humanas / ciências naturais tão a sério que, implicitamente (ou não!), fez desse caminho uma via de mão dupla. Ele descreveu sistemas físico-químicos que pareciam ser

9 Prigogine articulou propositalmente as palavras *dissipativa* e *estrutura* para evidenciar tendências supostamente antagônicas, mas que coexistem nos sistemas vivos. Porém, é preciso salientar que a concepção prigoginiana de *estrutura dissipativa* extrapola o conceito de sistema aberto, pois as estruturas dissipativas também consideram a existência de pontos de instabilidade, que possibilitam a formação de novas estruturas e novas formas de ordem (Capra, 2010).

simples de maneira complexas, empregando noções que antes estavam reservadas aos fenômenos biológicos, sociais e culturais, como, por exemplo, as noções de história e de estrutura (Prigogine & Stengers, 1991, 1997).

A verdade é que, ao desenvolver seu método para estudar a estabilidade das estruturas dissipativas em meio a perturbações, Prigogine desenvolveu um trabalho com refinada aplicabilidade multidisciplinar, viabilizando investigações nos mais variados segmentos - Biologia, Ecologia, Estudos de Tráfego, Astrofísica, Termodinâmica, Neurologia, Biofísica, Química, Física de Partículas e inclusive nas Ciências Sociais (Porush, 1991). Isso explica a leitura entusiasmada que seus livros de interesse geral atraíram (Earley, 2012).

Ainda que a influência da obra prigoginiana seja enorme em vários segmentos, exemplificarei aqui alguns trabalhos apenas para ilustrar o impacto do pensamento-Prigogine no meio científico. No campo da ecologia, Fritjot Capra – físico, epistemólogo e divulgador científico mundialmente reconhecido por suas incursões nas ciências sociais e na ecologia – afirma abertamente que utilizou o referencial prigoginiano para a elaboração de suas teses, principalmente no que tange a auto-organização dos seres vivos, discutida em seu livro *A teia da vida* (2010).

Indo em outra direção, o sociólogo francês Edgar Morin (Morin, 1990), um dos principais divulgadores do pensamento complexo, registra em seus livros que sua teoria foi construída tomando como pilares os elaborados por Prigogine. A critério de exemplo, já no campo artístico, Michael Bruce Sterling – importante escritor norte americano e um dos fundadores do movimento cyberpunk em ficção científica – utilizou a obra prigoginiana como inspiração para a escrita de vários dos seus livros.

A partir dessa visão holística, é possível situar a obra prigoginiana como uma importante contribuição para a grande transição intelectual que está em andamento em várias áreas da ciência e da cultura (Earley, 2012). Deste modo, as implicações do pensamento-Prigogine, apesar de imprevisíveis, extrapolaram os limites das ciências naturais e já não podem mais ser negligenciadas nem mesmo pelos que defendem o determinismo clássico. Por fim, como avistado na sessão anterior, ainda que não tenham unanimidade, o impacto e a pertinência das proposições de Prigogine são inegáveis!

4. Considerações finais

Esta investigação teórico-bibliográfica e interpretativa, apresentou Ilya Prigogine, exibindo detalhes da coluna vertebral do seu constructo teórico e fez reflexões acerca da pertinência e da utilização do pensamento-Prigogine. Mais especificamente, este trabalho teve o intuito de priorizar o legado prigoginiano para além da sua inquestionável carreira dentro da físico-química. Desta vez lançamos nossos olhares para a rica, mas muitas vezes esquecida, epistemologia de Prigogine.

“Porém, o que tem a ver o pensamento-Prigogine com as ciências sociais?” Essa talvez seja a pergunta mais recorrente aos que escolheram utilizar a teoria prigoginiana em trabalhos fora do contexto das ciências exatas. Neste sentido, alertamos nossos leitores que para entender a relação de Prigogine com as ciências ditas humanas, é preciso abandonar a imagem do pesquisador que tem sua pesquisa pertinente apenas para o objeto de estudo físico-químico. Ao contrário disso, é preciso que valorizemos as suas ricas reflexões sobre cultura, política e ética, pois suas reflexões sobre as estruturas dissipativas ultrapassaram os campos da física e da química e alcançaram diversas outras áreas de pesquisas.

As ideias prigoginianas, ao visarem para a consolidação da *Nova Aliança* - responsável pelo entrelaçamento entre cultura científica e cultura humanística - também abarcaram aspectos éticos no trabalho científico e a função política que a ciência tem. Destacamos aqui que Prigogine experimentou a filosofia em seu fazer científico e com ela teve ricos diálogos durante sua carreira acadêmica. Desta forma, Prigogine, por iniciativa própria, frequentemente enfatizava as implicações filosóficas de seu trabalho. Essas reflexões, no entanto, parecem frequentemente trazer desconforto para considerável parcela da comunidade científica, principalmente de físicos mais tradicionais.

E a razão para tal estranhamento às ideias prigoginianas é que Prigogine, com fundamentação científica, propõe uma reestruturação dos pilares imperiosos da ciência clássica. Alinhamo-nos com Prigogine e também nos questionamos: por que seria essa física o padrão inquestionável de entendimento da natureza e de todo o universo? A ciência clássica é mesmo o molde universal? Lembrando que Prigogine não invalida a ciência newtoniana, por outro lado, ele acredita que ela é idealizada somente para um conjunto determinado de situações.

Ainda que não seja unânime no campo das ciências exatas a percepção da coerência da obra prigoginiana, esta foi abraçada por diversas outras áreas que viram em suas discussões epistemológicas fundamentação pertinente para aplicação em suas respectivas pesquisas. Os pesquisadores de outras frentes realmente se interessaram pela leitura que Prigogine faz da ciência - leitura esta que considera a ciência moderna como a grande responsável pela reinserção do ser humano ao mundo natural. A defesa de Prigogine é que pertencemos a esse mundo!

Esperamos que este trabalho sirva como suporte bibliográfico para pesquisadores que utilizem o referencial prigoginiano em suas pesquisas ou mesmo para instigar que novos investigadores – quer seja do campo das ciências sociais ou das ciências naturais – conheçam as ideias de Prigogine e se encorajem de utilizá-las em suas investigações. Esperamos também que este trabalho contribua com a divulgação científica da obra de Prigogine, oportunizando uma compreensão epistemológica diferente daquela que daquela que Ernst Mayr chama de “epistemologia fiscalista” e servindo como instrumento para combater o conservadorismo, que muitas vezes assombra a comunidade científica.

Referências

- Almeida, M. C. (2004). A ciência como bifurcação: Uma homenagem à Ilya Prigogine. *Revista FAMECOS*, 11(23), 77. <https://doi.org/10.15448/1980-3729.2004.23.3251>
- Bachelard, G. (1991). *Filosofia do Não—Filosofia do novo espírito científico* (5º ed). Presença.
- Bishop, R. C. (2004). Nonequilibrium statistical mechanics Brussels–Austin style. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 35(1), 1–30. <https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2001.11.001>
- Bricmont, J. (1995). Science of chaos or chaos in science? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 775(1), 131–175. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1996.tb23135.x>
- Capra, F. (2010). *A teia da vida: Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. Cultrix.
- Carvalho, R. F. (2012). *Temporalidade e Historicidade em Ilya Prigogine* [Universidade Federal de Goiás - Faculdade de História - Programa de Pós-graduação em História]. https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/113/o/RODRIGO_FRAN%C3%87A_CARVALHO.pdf
- Carvalho, R. F. (2017, julho). *As contribuições do físico-químico Ilya Prigogine para uma nova compreensão da História*. XXIX Simpósio Nacional de História - contra os preconceitos: história e democracia, Brasília. https://www.snh2017.anpuh.org/resources/anais/54/1488759492_ARQUIVO_Ascontribuicoesdofisico-quimicoIlyaPrigogineparaumano-vacompreensaodaHistoria.pdf
- Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: Uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, 22, 89–100. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000100009>
- Costa, M., Cunha, L., & Ghedin, E. (2009). *As estruturas dissipativas: Possíveis contribuições para o ensino de ciências a partir do pensamento de Ilya Prigogine*. VII ENPEC - Encontro Nacional de Ensino de Ciências, Florianópolis, SC. <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1101.pdf>
- Earley, J. E. (2006). SOME PHILOSOPHICAL INFLUENCES ON ILYA PRIGOGINE'S STATISTICAL MECHANICS. *Foundations of Chemistry*, 8(3), 271–283. <https://doi.org/10.1007/s10698-006-9007-9>

- Earley, J. E. (2012). Ilya Prigogine (1917-2003). In A. Woody, R. F. Hendry, & P. Needham (Orgs.), *Philosophy of chemistry* (First edition, p. 165–175). Elsevier/NH, North Holland is an imprint of Elsevier.
- Fróis, K. P. (2004). Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas. *Uma breve história do fim das certezas ou o paradoxo de Janus*, 63, 1–12.
- Gell-Mann, M. (1994). *The Quark and the Jaguar: Adventures in the simple and the complex*. Freeman.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. Atlas.
- Ibáñez, E. (2003). Historicidad e irreversibilidade en la concepción prigoginiana y agustiniana del tiempo. *Tópicos. Revista de Filosofía de Santa Fe*, 11, 107–124. <https://doi.org/10.14409/topicos.v0i11.7442>
- Japiassu, H., & Souza Filho, D. M. de. (1990). *Dicionário básico de filosofia*. J. Zahar Editor.
- Kondepudi, D., Petrosky, T., & Pojman, J. A. (2017). Dissipative structures and irreversibility in nature: Celebrating 100th birth anniversary of Ilya Prigogine (1917–2003). *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 27(10), 104501. <https://doi.org/10.1063/1.5008858>
- Leroy, F. (Org.). (2003). *A century of Nobel Prizes recipients: Chemistry, physics, and medicine*. Marcel Dekker.
- Lombardi, O. (2012). Prigogine and the many voices of nature. *Foundations of Chemistry*, 14(3), 205–219. <https://doi.org/10.1007/s10698-011-9140-y>
- Maruani, J. (2004). Obituary: Ilya Prigogine (1917-2003): Obituary. *International Journal of Quantum Chemistry*, 99(4), 183–184. <https://doi.org/10.1002/qua.20059>
- Maruyama, M. (1978). Current Anthropology. *Prigogine's Epistemology and Its Implications for the Social Science*, 19(2), 453–455.
- Massoni, N. T. (2008). Revista Brasileira de Ensino de Física. *Ilya Prigogine: uma contribuição à filosofia da ciência*, 30(2), 2308-1-2308–8.
- Millar, D., Millar, I., Millar, J., & Millar, M. (2002). *The Cambridge Dictionary of Scientists*. Cambridge University Press. <http://www.credoreference.com/book/dicscientist>
- Morin, E. (1990). *Introdução ao pensamento complexo: Vol. 2. ed.* Instituto Piaget.
- Novaes, M. (2010). Revista Brasileira de Ensino de Física. *Ilya Prigogine: uma visão crítica*, 32(1), 1306-1-1306–4.
- Paty, M. (1995). *A matéria roubada: A apropriação crítica do objeto da física contemporânea*. EDUSP.
- Porush, D. (1991). Science Fiction Studies. *Prigogine, Chaos, and Contemporary Science Fiction*, 18(3), 367–386.
- Prigogine, I. (1967). *Introduction to thermodynamics of irreversible processes* (3. ed). Interscience Publ.
- Prigogine, I. (1986). Entrevista a Renée Weber. In R. Weber, *Diálogos com sábios e cientistas – a busca da unidade*. (p. 223–242). Cultrix.
- Prigogine, I. (1993). *Le leggi del caos*. Laterza.
- Prigogine, I. (1997). Parcerias Estratégicas. *A ciência numa era de transição*, 2(3), 82–85.
- Prigogine, I. (2000). *The chaotic universe* (V. G. Gurzadjan, Network Workshop, & International Centre for Relativistic Astrophysics, Orgs.). World Scientific. http://www.icra.it/ICRA_Networkshops/INW02_Chaos/
- Prigogine, I. (2002a). *As leis do caos*. Unesp.
- Prigogine, I. (2002b). *Do ser ao devir—Coleção Nome de Deuses* (1º ed). Unesp.
- Prigogine, I. (2008). *O Nascimento do Tempo*. Edições 70.
- Prigogine, I. (2009). *Ciência, Razão e Paixão / Ilya Prigogine* (E. de A. Carvalho & M. C. Almeida, Orgs.; 2º ed). Livraria da Física.
- Prigogine, I. (2011). *O fim das certezas: Tempo, caos e as leis da natureza* (2º ed). Editora Unesp.
- Prigogine, I., & Blattchen, E. (1998). *De l'être au devenir*. Alice ; RTBF.
- Prigogine, I., & Stengers, I. (1988). *Entre le temps et l'éternité*. Fayard.
- Prigogine, I., & Stengers, I. (1990). *Entre o Tempo e a Eternidade* (1º ed). Gradiva Publicações.
- Prigogine, I., & Stengers, I. (1991). *A Nova aliança: A metamorfose da ciência*. Universidade de Brasília.

Prazer, Prigogine!

Prigogine, I., & Stengers, I. (1996). *La fin des certitudes: Temps, chaos et les lois de la nature*. Editions O. Jacob.

Prigogine, I., & Stengers, I. (1997). *The end of certainty: Time, chaos, and the new laws of nature* (1st Free Press ed). Free Press.

Ruelle, D. (1993). *O acaso e o Caos [Hasard et chaos]* (anuel Alberto, Trad.). Relógio d'água.

Santos, M. C. (2010). *Ilya Prigogine—Estabilidade afastada do equilíbrio e irreversibilidade temporal* [Universidade Federal de Goiás - Programa de Pós-graduação em Filosofia]. <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5315/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Maria%20da%20Concei%C3%A7%C3%A3o%20Rodrigues%20dos%20Santos%20-%202010.pdf>

Schöpke, R. (2009). *Matéria em Movimento: A Ilusão do Tempo e o Eterno Retorno*. Martins Fontes.

Schrödinger, E. (1944). *What is life? The physical aspect of the living cell ; with, Mind and matter ; & Autobiographical sketches*. Cambridge University Press.

Spire, A. (2000). *O Pensamento Prigogine* (1. ed). Instituto Piaget.