

AS REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS EM THOMAS S. KUHN

Marlon Antonio Alves da Silva¹

Eli Carlos Dal'Pupo²

RESUMO: Este artigo tem por objetivo apresentar a teoria desenvolvida pelo filósofo Thomas Samuel Kuhn sobre o progresso da ciência a partir da ocorrência do que se denominou chamar de “revoluções científicas”. Assim, contextualiza-se a “Revolução Científica” ocorrida no século XVII, expondo a mudança de visão de mundo efetuada pela mesma, bem como as descobertas decorrentes do novo método de pesquisa adotado. Em seguida, descreve a estrutura de uma revolução científica na perspectiva de Thomas Kuhn, explanando, sobretudo o conceito de “paradigma” desenvolvido pelo pensador. Por fim, analisa o papel que a crise possui dentro do processo revolucionário.

Palavras-chave: Ciência. Paradigma. Revolução.

SOMMARIO: Questo articolo ha per obiettivo presentare la teoria sviluppata dal filosofo Thomas Samuel Kuhn sul progresso della scienza dall'evento delle rivoluzioni scientifiche. Contesti la «Rivoluzione Scientifica» nel XVII secolo, esponendo il cambiamento della visione del mondo da esso compiuto, nonché le scoperte derivanti dal nuovo metodo di ricerca adottato. Descrive poi la struttura di una rivoluzione scientifica dalla prospettiva di Thomas S. Kuhn, spiegando innanzitutto il concetto di «paradigm» sviluppato da lui. Infine, analizza il ruolo che la crisi ha nel processo rivoluzionario.

Parole-chiave: Scienza. Paradigmi. Rivoluzione

49

INTRODUÇÃO

O Universo sempre causou fascinação no homem, o qual não mediu esforços para tentar compreender as leis que regem os vários fenômenos presentes na natureza. Foi através desse espírito investigativo que surgiu a ciência, um instrumento valioso para ampliação do conhecimento e o progresso da humanidade.

¹ Bacharelando em Filosofia na Faculdade Vicentina. Contato: marlon.antonio.as@gmail.com

² Graduado em Filosofia – PUCPR, especialista em Filosofia com ênfase em Ética - PUCPR, mestre em Filosofia – PUCSP. Professor da Faculdade da Indústria - IEL, da Faculdade Vicentina e diretor de escola pública.

Durante o decorrer da história, diversas foram as respostas formuladas com o objetivo de solucionar os principais problemas de cada época, utilizando-se do aparato instrumental e teórico disponível para o mesmo.

Partindo dessa explanação, o objetivo deste artigo é analisar de que modo as revoluções científicas favoreceram o progresso da ciência. Para atingir este propósito utilizaremos como referência bibliográfica principal a obra “*Estrutura das Revoluções Científicas*” escrita pelo físico e filósofo estadunidense Thomas Samuel Kuhn.

O presente trabalho será desenvolvido a partir de três objetivos pré-estabelecidos. No primeiro tópico, será contextualizada a Revolução Copernicana ocorrida no século XVII, tamanha sua importância para o meio científico. O segundo tópico, descreverá a perspectiva de Thomas Samuel Kuhn acerca da ocorrência das revoluções científicas, buscando explicar de que modo o autor compreende o funcionamento das mesmas. Por último, o terceiro tópico analisará o papel decisivo que as crises possuem no processo revolucionário científico.

1. REVOLUÇÃO CIENTÍFICA DO SÉCULO XVII

O homem, na tentativa de encontrar respostas para os problemas relacionados às questões existenciais, voltou sua atenção para o céu com o objetivo de compreender o funcionamento do universo. A partir do conhecimento adquirido, relacionou os fenômenos observados com seus deuses, nascendo assim a cosmogonia, a qual consiste segundo Abbagnano (2007, p. 215) em um “mito ou doutrina referente à origem do mundo”.

Entretanto, a autossuficiência das explicações míticas como único meio de obter respostas foi abalada. O homem grego questionou as respostas sobrenaturais que lhe eram oferecidas e passou a utilizar o pensamento racional como única ferramenta eficaz para proporcionar acesso a um conhecimento confiável e válido. Desta nova atitude decorre o nascimento da Filosofia, e consequentemente, a transição do pensamento mítico para o pensamento filosófico-científico. Em substituição à cosmogonia, surge a cosmologia, uma interpretação racional da natureza.

Os grandes filósofos da Antiguidade além de trabalharem temas relacionados à Política, à Ética e à Moral, também se dedicaram à pesquisa relacionada à compreensão do mundo físico. Destacou-se Aristóteles com as obras *Física*, *Metafísica* e *Sobre o céu*. Gleiser (2001, p. 75) apresenta a visão cosmológica de-

desenvolvida pelo filósofo quando afirma que “o universo de Aristóteles não tem um criador, sendo eterno e espacialmente infinito. Mais ainda, seu universo é contínuo, sem nenhum espaço vazio, ou vácuos.”. Nesse modelo, a Terra se encontra no centro, existindo uma região localizada acima da mesma, chamada sublunar e outra abaixo denominada supralunar.

A primeira constituída pelos quatro elementos (terra, água, ar e fogo) é o lugar da transformação perpétua, engendrada pela combinação desses elementos (geração e corrupção). Os astros, ao contrário são incorruptíveis, porque constituídos por uma quinta substância: o éter [...] O mundo supralunar só conhece o movimento circular uniforme, imagem da perfeição (HUISMAN, 2000, p.547).

Outra possível explicação do universo que se destacou foi produzida pelo astrônomo e matemático grego Claudio Ptolomeu. O mesmo desenvolveu o sistema geocêntrico, teoria exposta em sua obra principal *Almagesto* – O Majestoso - modelo elaborado para explicar o funcionamento do universo tendo a Terra como centro. Nesse sistema o Sol e os demais planetas giravam ao redor da Terra em esferas fixas denominadas epiciclos.

Estas duas concepções de universo nortearam todos os trabalhos científicos produzidos na área da Astronomia durante o período da Antiguidade e do Medievo, legitimados, sobretudo, pela autoridade da Igreja Católica. Embora a Instituição não concordasse com algumas ideias desenvolvidas por Aristóteles, o modelo desenvolvido pelo filósofo era o que mais se aproximava da explicação bíblica presente no livro de *Gênesis*.

[...] o cosmo aristotélico era eterno e não teve um criador, enquanto que para os cristãos Deus criou o Universo e a vida na Terra terminará no dia do Juízo Final. A estratégia mais comum era reinterpretar Aristóteles de modo a servir aos propósitos da Igreja; tendo criado o clima intelectual que poderia vir a proporcionar o desenvolvimento de novas idéias, os teólogos medievais rapidamente se certificaram de que nenhuma mudança poderia ser contemplada. Foi um parto em vão (GLEISER, 2001, p. 97).

A partir do final da Baixa Idade Média, ventos revolucionários começaram a soprar na Europa, atingindo todos os âmbitos da vida cotidiana. A Igreja encontrava-se em um período de crise, sendo contestada pela incoerência de suas práticas. No campo da ciência tais mudanças não demoraram a aparecer.

Os primeiros ataques surgiram no seio da própria Igreja Católica.

Segundo Gleiser (2001, p. 99) “Tanto Bacon como Cusa [ambos religiosos] tiveram problemas com seus superiores por terem tido a audácia de criticar as idéias cosmológicas da época; finalmente, a fundação do grande Universo medieval começava a rachar.”.

Em oposição à concepção geocêntrica de universo surgiu a teoria heliocêntrica, defendida, sobretudo pelo astrônomo polonês Nicolau Copérnico. Esta proposta não se configurava como novidade, uma vez que o matemático grego Aristarco de Samos já havia desenvolvido um modelo seguindo esta mesma linha de raciocínio, o qual não foi aceito pelos demais astrônomos por contrariar princípios básicos da física aristotélica.

Copérnico escreveu uma pequena obra chamada *Commentariolus* – Pequeno Comentário – onde defende a ideia de que o Sol é o centro do universo e que os demais planetas giram ao seu redor em orbitas circulares. Esta visão cosmológica desenvolvida pelo astrônomo polonês foi o golpe final contra o sistema aristotélico

O objetivo principal de Copérnico era corrigir erros matemáticos presentes nas obras de Ptolomeu, o qual, aos olhos do astrônomo polonês, não havia conseguido oferecer uma resposta satisfatória ao problema dos planetas. Seu espírito era conservador, influência da formação religiosa que recebeu durante toda sua vida. Prova disso foi o fato de Copérnico ter adiado ao máximo a publicação de sua obra principal *De Revolutionibus Orbium Coelestium* – Das revoluções das esferas celestes – a qual ocorreu somente em 1543, por influência de um de seus colegas.

Foram essas ideias de Nicolau Copérnico que deram início ao movimento que hoje conhecemos pelo nome de “Revolução Científica” ou “Revolução Copernicana”, o qual significou não apenas a re colocação do Sol e da Terra em seus devidos lugares no espaço, mas a retirada da condição especial que a Igreja conferia ao nosso planeta dentro do plano da Criação Divina. As ideias metafísicas e valores religiosos que outrora guiavam os cientistas em seus trabalhos foram abandonados por já não auxiliarem na produção de respostas válidas e satisfatórias aos principais problemas da época, dando início a produção de conhecimento empírico-científico.

O primeiro pesquisador a esboçar uma defesa em relação ao sistema heliocêntrico proposto por Copérnico foi o astrônomo alemão Johannes Kepler. Em sua obra *Mysterium Cosmographicum* - Mistério Cosmográfico – publicada no ano de 1596, Kepler apresenta sua teoria astronômica, permeada por elementos

místicos. Influenciado pelos ideais pitagóricos de harmonia e pelos sólidos platônicos, descreve um universo geométrico, o qual retratava a perfeição de seu criador.

Suas pesquisas não seriam possíveis sem as contribuições do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe, o qual não aceitava o modelo de Copérnico por princípios religiosos. O principal problema para ambos os pesquisadores era descrever o movimento celeste e compreender sua causa, conforme descreve Felipe Damásio (2011, p.5) em seu artigo *O início da revolução científica: questões acerca de Copérnico e os epiciclos, kepler e as orbitas elípticas*

Kepler constituiu-se no arquiteto teórico para a obra observacional de Tycho. Para Kepler, não bastava descrever o movimento celeste, sendo também necessária a busca de suas causas. Sua concepção desta causa foi a de uma força entre o Sol e cada planeta, crendo que se moviam mais lentamente quanto mais afastados estivessem do Sol, pois a força solar diminuía com a distância - ideia esta que mais tarde foi magistralmente desenvolvida por Newton.

Esse objetivo encontrava dificuldade de ser alcançado devido ao comportamento anormal que Marte desenvolvia em sua trajetória pelo céu, sendo impossível determinar sua órbita com precisão. Este problema ocasionou uma reviravolta nos conceitos básicos da Astronomia até então utilizados, estabelecendo uma nova compreensão sobre o estudo das órbitas. Em sua obra *“Astronomia Nova”*, publicada no ano de 1609 e dedicada à memória de Tycho, Kepler apresenta o resultado de suas pesquisas, enunciando as duas primeiras leis sobre o movimento dos planetas por ele descobertas, as quais conhecemos atualmente como “Leis de Kepler”. A terceira seria enunciada dez anos depois na obra *Harmonices Mundi* - Harmonia do mundo. Nelas, Kepler apresenta o resultado de suas pesquisas, afirmando que os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, e não em forma de círculo como acreditava Copérnico.

A teoria heliocêntrica encontrou no astrônomo italiano Galileu Galilei seu maior entusiasta e defensor. Suas pesquisas e experimentos foram determinantes para o nascimento da Física Moderna, bem como para o desenvolvimento da Astronomia. “Tanto como cientista quanto como filósofo, sua extensa obra seria um marco inicial no processo evolutivo para a modernidade (ROSA, 2012, p.45). Foi somente graças a utilização do telescópio, um instrumento revolucionário para a época, que Galileu pode construir sua teoria astronômica. Observando as estrelas, a Lua, as fases de Vênus e os satélites de Júpiter,

Galileu encontrou evidências consistentes para sustentar sua defesa em relação ao sistema heliocêntrico e as reuniu na obra “*Sidereus Nuncius*” – O Mensageiro das Estrelas – publicada em 1610, provocando o colapso da teoria geocêntrica.

A Igreja Católica passou a condenar o Heliocentrismo, afirmando que o mesmo não se adequava as explicações teológicas oferecidas pelas Sagradas Escrituras. Todos que defendiam esta teoria passaram a ser perseguidos. Mesmo possuindo amigos no meio eclesial, Galileu foi alvo de censura pelos membros da Instituição.

Convocado a Roma, em fevereiro de 1616, o Santo Ofício limitou-se a admoestá-lo, mas foi-lhe ordenado abandonar as ideias heréticas, deixar de aceitá-las, defendê-las e ensiná-las, de qualquer forma, mediante palavras e escritos. No mês seguinte, a Sagrada Congregação do Index condenou os livros de Copérnico, até que fossem corrigidos, bem como todos os livros em que a doutrina de Copérnico fosse sustentada. Durante alguns anos, Galileu permaneceria em silêncio, sem escrever sobre a teoria heliocêntrica e sem debater o tema (ROSA, 2012, p. 48).

A crítica de Galileu ao Geocentrismo atinge seu auge em 1632, com a publicação da obra “Dialogo sobre os dois principais sistemas do mundo”. Esta obra foi incluída na lista do *Index Librorum Prohibitorum*” e Galileu foi convocado pelo Tribunal do Santo Ofício para prestar explicações. Ao final do processo foi condenado a prisão domiciliar e forçado a abjurar suas teorias. Entretanto, seu legado permanece, sendo considerado por muitos como o “Pai” da Ciência Moderna.

Galileu foi o primeiro cientista verdadeiramente moderno. Sua ênfase na experimentação, combinada com seus esforços para obter relações matemáticas explicando os resultados, se tornou a marca registrada da nova ciência (GLEISER, 2001, p.140).

Sua principal contribuição para a ciência foi o método experimental científico. Galileu o revolucionou quando rompeu com o método científico dedutivo desenvolvido por Aristóteles, passando a investigar a natureza de modo indutivo, ou seja, observando as particularidades através de experimentos para depois enunciar leis gerais. Seus trabalhos serviram de inspiração para Francis

Bacon escrever sua obra *Novum Organum*, publicada em 1620, onde apresenta esta nova proposta de fazer ciência, com a pesquisa dividida em etapas, conduzida passo a passo e orientada por um método seguro.

O novo olhar sobre a natureza seria a fonte de inspiração para a obra desenvolvida pelo físico inglês Sir Isaac Newton (1643-1727), a qual compreende trabalhos nas áreas da Óptica, Matemática e Alquimia, esta última praticada de maneira velada devido ao preconceito existente em sua época. Mesmo sendo um cientista, Newton dedicou-se a escrever sobre assuntos relacionados à Teologia, colocando Deus como explicação fundamental de muitos fenômenos. Apesar de transitar por diversos campos do saber, o principal objetivo de sua pesquisa era tentar compreender a mecânica celeste, problema que desafiava a maioria dos cientistas do século XVII.

O resultado de seus esforços para encontrar a solução desta questão foi apresentado em sua obra magna composta por três volumes *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*- Princípios Matemáticos da Filosofia Natural – publicada no ano de 1687. Nela são expostas as três leis fundamentais que regem o comportamento estático e dinâmico dos corpos materiais, as quais ficaram conhecidas como “Leis de Newton” em homenagem ao físico inglês. Nessa obra Newton confirma a ideia desenvolvida de maneira prematura por Kepler em relação a força atuante entre os planetas, apresentando ao mundo a “Lei da Gravitação Universal”.

Nenhuma outra obra em toda história da ciência teve um papel tão fundamental no desenvolvimento da visão de mundo pós-renascentista. Newton não só criou uma nova mecânica, baseada na ação de forças em corpos materiais, como também demonstrou que as mesmas leis físicas são aplicáveis ao estudo do movimento de objetos na Terra ou nos céus [...] Segundo a física newtoniana, qualquer movimento pode ser compreendido através de simples leis físicas, independentemente de onde o movimento ocorrer: existe apenas uma física, cujo domínio de validade estende-se até as estrelas (GLEISER, 2001, p. 179).

A importância da obra de Newton para a ciência pode ser explicada de maneira simples, mas completa, pelo epitáfio presente em sua lápide, o qual foi escrito pelo poeta inglês Alexander Pope (1688-1744): “*A natureza e as leis da natureza estavam imersas em trevas; Deus disse “Haja Newton” e tudo se iluminou*”. A partir dele, a natureza pôde ser estudada em todos seus aspectos, semelhante a um livro aberto, no qual podemos compreender cada linha escrita.

A fase da história mundial, conhecida como “Revolução Científica” - expressão criada pelo filósofo franco-russo Alexandre Koyré em 1939 – significou a separação definitiva entre a Filosofia e as demais ciências, uma vez que as “preocupações filosóficas não deveriam interferir no enfoque estritamente científico.” (ROSA, 2012, p. 80). O conhecimento deixou de ser puramente abstrato ou teórico, passando a ser desenvolvido de maneira empírica, orientado por regras. A matemática tornou-se o meio simbólico utilizado para expressar todas as leis descobertas acerca dos fenômenos observados na natureza. Com essa ferramenta, o homem conseguiu dominar a natureza, aproveitando-se da mesma para suprir suas necessidades. A “revolução” não se restringiu apenas a área da Astronomia, repercutindo também na Física, na Matemática e demais ciências exatas.

Com a chamada “Revolução Científica” ocorrida no século XVII assistimos à passagem do mundo medieval, cujos fenômenos eram explicados pela Teologia, para o mundo moderno, onde a Razão passou a fornecer todas as respostas aos problemas que desafiavam o homem. A substituição do Geocentrismo pelo Heliocentrismo representou uma “mudança de paradigma”, ou seja, uma nova “visão de mundo” se instalou na sociedade e a partir dela a “Nova Ciência” que começava a se estruturar passou a desenvolver seus trabalhos.

São esses episódios de substituição de um paradigma por outro que constituem o ponto central da teoria desenvolvida por Thomas Samuel Kuhn em sua teoria sobre o desenvolvimento do conhecimento científico, a qual será analisada a seguir.

2. REVOLUÇÕES CIENTÍFICAS SEGUNDO A PERSPECTIVA DE THOMAS SAMUEL KUHN

Thomas Samuel Kuhn nasceu em 1922, na cidade norte-americana de Cincinnati. Graduando-se Bacharel em Física em Harvard no ano de 1943, obteve, respectivamente, seu Mestrado e Doutorado nesta área nos anos de 1946 e 1949 pela mesma universidade. Posteriormente, dedicou-se a lecionar as disciplinas de história das ciências e filosofia das ciências. A importância da obra desenvolvida por Kuhn reside no fato dele ter rompido com a explicação tradicional adotada sobre o desenvolvimento do conhecimento científico, a qual defendia um aspecto acumulativo e linear do saber.

Em oposição a esta visão, Kuhn vai defender o caráter revolucionário presente no progresso científico. Sua importância nos é descrita por Stenio

Gonçalves de Oliveira (2011, p. 37) em sua dissertação de mestrado “*Kuhn, Feyerabend, e a Revolução Copernicana: “irracionalidades” na atividade científica?*”.

O grande salto de Kuhn é tentar desenvolver a sua visão epistemológica utilizando como crivo a análise da história das ciências e chegar à conclusão que o desenvolvimento científico não está desvinculado das condições históricas e, até mesmo, de influências pessoais, sociais e preconceitos dos próprios cientistas.

Kuhn escreveu sua primeira obra no ano de 1957, dando-lhe o nome de *A revolução Copernicana*, na qual faz um resgate histórico dos elementos que proporcionaram este momento, apontando também as conseqüências derivadas deste fato. Entretanto, foi através da obra “*A Estrutura das Revoluções Científicas*”, publicada em 1962, que seu nome ganhou destaque no meio acadêmico. Por meia dela, Kuhn expõe sua teoria sobre a maneira pela qual ocorre o progresso do conhecimento na ciência, defendendo que o mesmo acontece por momentos de ruptura, os quais denominou como “Revoluções Científicas”. Estas rupturas acontecem quando o paradigma vigente entra em crise e não consegue mais oferecer a comunidade científica respostas válidas e satisfatórias aos principais problemas por ela analisados. Paradigmas são “as realizações científicas universalmente reconhecidas, que durante algum tempo fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (KUHN, 2013, p. 49).

Para sustentar esta tese, Kuhn identificou e estruturou as etapas pelas quais uma determinada área do saber deve passar para que o conhecimento produzido pela mesma possa evoluir.

A primeira etapa identificada foi a fase da Pré-ciência, na qual ainda não há uma sistematização do conhecimento elaborado por uma determinada área, mas somente informações e dados aleatórios pertencentes a diversas teorias conflitantes desenvolvidas acerca de vários problemas. Essa situação decorre da falta de consenso entre os pesquisadores sobre qual conjunto de ideias e valores nortearão o trabalho por eles desenvolvido. Em outras palavras, durante a Pré-Ciência não se tem um paradigma aceito e compartilhado por todos os pesquisadores. “Na ausência de um paradigma ou de algum candidato a paradigma, todos os fatos que possivelmente pertencem ao desenvolvimento de determinada ciência têm a probabilidade de parecerem igualmente relevantes” (KUHN, 2013, p. 78).

Como consequência deste fato, este período é marcado por uma série de discussões em relação a metodologia que será adotada para melhor responder as tentativas de encontrar uma solução aos principais problemas escolhidos pela comunidade científica como objeto de estudo.

O impasse é resolvido quando surge uma teoria capaz de oferecer estas respostas de maneira satisfatória aos pesquisadores, fazendo com que eles abandonem todas as outras que foram desenvolvidas até então e que não foram aptas para isso. É a essa teoria geral, a qual possui a capacidade de abarcar em si todos os problemas e soluções relevantes para a comunidade científica, fazendo com a mesma se uma em torno dela, que Kuhn denominou paradigma.

Uma comunidade científica, ao adquirir um paradigma, adquire igualmente um critério para a escolha de problemas que, enquanto o paradigma for aceito podem ser considerados como dotados de uma solução possível. Numa larga medida, esses são os únicos problemas que a comunidade científica admitira como científicos ou encorajará seus membros a resolver (KUHN, 2013, p. 106).

A etapa seguinte por ele identificada foi denominada como Ciência normal, fase na qual os cientistas trabalham sob a orientação do paradigma escolhido. Ela consiste em uma “[...] pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por uma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos de sua prática posterior” (KUHN, 2013, p.71).

O objetivo desta etapa não é produzir novidades, mas concentrar-se exclusivamente nas questões oferecidas pelo paradigma, buscando aprofundar-se em seus conteúdos. “A ciência normal não se propõe descobrir novidades no terreno dos fatos ou da teoria; quando é bem-sucedida, não os encontra.” (KUHN, 2013, p. 127). A comunidade científica, portanto, restringe sua área de atuação. Para chegar à resolução dos problemas com maior exatidão são desenvolvidos os meios instrumentais necessários para tal ação, aumentando a eficiência e a credibilidade do paradigma vigente. Dessa atitude, decorre o processo de especialização, característica fundamental da atividade científica segundo Kuhn, como nos descreve André Luis de Oliveira Mendonça (2012, p.539) em seu artigo O legado de Thomas Kuhn após cinquenta anos

A ciência descrita por Kuhn como sendo normal é sinônimo de pesquisa especializada. Segundo Kuhn, a especialização é a condição para o progresso científico. O paradigma restringe drasticamente os fatos a serem levados em conta por uma dada comunidade científica, permitindo, desse modo, que se possa aprofundar o conhecimento a seu respeito.

Embora o argumento central de sua tese seja a de que a ciência progride por rupturas, Kuhn afirma que durante o período da Ciência normal acontece um desenvolvimento linear do conhecimento produzido por determinada comunidade científica. Isso se deve ao fato de que durante esta fase os pesquisadores buscam se aprofundar nos problemas por eles analisados, dedicando-se a compreendê-los em sua totalidade. É esta tentativa de entender melhor os fatos que justifica o desenvolvimento das técnicas e instrumentos necessários para melhor investigar os problemas pertinentes àquela área de investigação. Como consequência disso, temos um conhecimento que progride de maneira cumulativa. Portanto, para Kuhn o progresso do conhecimento ocorre de duas maneiras: cumulativa durante a etapa da Ciência Normal e por rupturas durante as Revoluções científicas.

Segundo Kuhn a tentativa de compreender estes problemas faz com que os pesquisadores se tornem solucionadores de “quebra-cabeças” (*puzzles*). O principal objetivo é adequar as teorias formuladas com os fatos observados na natureza e assim conseguir encontrar as respostas pretendidas. Somente assim, o paradigma conseguirá cumprir de maneira satisfatória o seu propósito original. “Para ser classificado como quebra-cabeça, não basta um problema possuir uma solução assegurada. Ele deve obedecer a regras que limitam tanto a natureza das soluções aceitáveis como os passos necessários para obtê-las” (KUHN, 2013, p. 108).

Quando as regras oferecidas pelo paradigma são aplicadas sobre um problema e as mesmas se mostram insuficientes para conseguir sua resposta configura-se o processo denominado por Kuhn de Anomalia. Um paradigma nunca conseguirá oferecer todas as respostas, por isso é comum a existência de problemas sem soluções. Isso decorre da dificuldade de adequar a teoria proposta pelo paradigma com os fenômenos observados na natureza. Entretanto, depois de algum tempo a maioria destes problemas conseguem ser solucionados. Para um problema ser considerado uma anomalia ele deve se comportar de maneira distinta dos demais, ou seja, precisa conseguir resistir a todas as tentativas efetuadas pelos pesquisadores de configurá-lo ao paradigma.

Ao deparar-se com uma anomalia

[...] o primeiro esforço teórico do cientista será, com frequência, isolá-la com maior precisão e dar-lhe uma estrutura. Embora consciente de que as regras da ciência normal não podem estar totalmente certas, procurará aplicá-las mais vigorosamente do que nunca, buscando descobrir com exatidão onde e até que ponto elas podem ser empregadas com eficácia na área de dificuldades. Simultaneamente o cientista buscará modos de realçar a dificuldade, de torná-la mais nítida e talvez mais sugestiva do que era ao ser apresentada em experiências cujo resultado pensava-se conhecer de antemão (KUHN, 2013, p. 171).

60 O surgimento de anomalias instala o período de crise no meio da comunidade científica. É esta a etapa seguinte identificada por Kuhn dentro do processo de desenvolvimento do conhecimento científico. Durante a crise o paradigma entra em colapso, não conseguindo mais auxiliar os cientistas em suas pesquisas, fato que os obriga a repensar as ideias e técnicas que outrora guiavam seus trabalhos e partir em busca de novas alternativas, uma vez que “[...] a crise, ao provocar uma proliferação de versões do paradigma, enfraquece as regras da resolução dos quebra-cabeças da ciência normal, de tal modo que acaba permitindo a emergência de um novo paradigma.” (KUHN, 2013, p. 163).

O aparecimento de um novo paradigma faz com que os pesquisadores questionem o antigo, confrontando-os entre si na tentativa de decidir qual deles possui maior eficiência na resolução de problemas. Ao tomar esta atitude percebem que ambos não podem ser comparados, e, portanto, não podem indicar qual é o melhor paradigma.

Segundo Kuhn, isto decore de o fato destes paradigmas não pertencerem ao “mesmo mundo”, uma vez que cada um reflete uma visão de mundo particular, ou seja, foram criados em um determinado contexto para uma finalidade específica. A esse fenômeno Kuhn chamou incomensurabilidade de paradigmas. Segundo Claudemir Roque Tossato (2012, p.496) em seu artigo *Incomensurabilidade, comparabilidade e objetividade*

Nenhuma medida comum pode ser utilizada para a avaliação de teorias diferentes pois não há uma linguagem comum que correlacione um termo de uma teoria com um termo da outra. Duas teorias são incomensuráveis porque não há qualquer linguagem neutra que as possa comparar, isto é, que possa medir essas teorias rivais.

A opção pelo novo paradigma em detrimento do antigo faz com que a comunidade científica encerre o período de crise, uma vez que todos os pesquisadores passam a aceitar o substituto como o conjunto de ideias e valores a ser considerado dali em diante no desenvolvimento de seus trabalhos. Quando essa atitude ocorre em determinada área da ciência temos uma revolução científica acontecendo, ou seja, “[...] um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior” (KUHN, 2013, 177).

O período pós-revolucionário pode ser comparado ao da ciência normal, uma vez que a comunidade científica, após se estabilizar, vai se concentrar unicamente em analisar os novos problemas oferecidos pelo paradigma vigorante. Embora os paradigmas sejam incomensuráveis, alguns elementos presentes no antigo paradigma são preservados pelo novo, uma vez que

[...] após a revolução o cientista ainda está olhando para o mesmo mundo. Além disso, grande parte de sua linguagem e a maior parte de seus instrumentos de laboratório continuam sendo os mesmo de antes, embora anteriormente ele os possa ter empregado de maneira diferente. Em consequência disso, a ciência pós revolucionária invariavelmente inclui muitas das mesmas manipulações, realizadas com os mesmos instrumentos e descritas nos mesmos termos empregados por sua predecessora pré-revolucionária. Se alguma mudança ocorreu com essas manipulações duradouras, esta deve estar nas suas relações com o paradigma (KUHN, 2013, p. 224).

Entretanto, em determinado momento anomalias vão surgir, uma vez que este novo paradigma também se mostrará limitado, levando a uma nova crise. Este fato comprova que modelo desenvolvido por Thomas Samuel Kuhn sobre o progresso do conhecimento científico é cíclico, uma vez que um paradigma sempre sucederá outro dentro de determinada área da ciência, permitindo que o desenvolvimento do conhecimento possa acontecer. Dentro desse modelo percebe-se a importância crucial que a crise possui, uma vez que é ela quem desencadeia o processo revolucionário, permitindo que o progresso por rupturas aconteça. O papel da mesma será o assunto principal do próximo tópico.

3. O PAPEL DA CRISE DENTRO DO PROCESSO REVOLUCIONÁRIO

O período anterior a consolidação de um novo referencial para a comunidade científica é identificada como sendo a etapa da crise dentro do modelo desenvolvido por Kuhn sobre o progresso do conhecimento científico; etapa que foi brevemente explanada no tópico anterior e que será o tema principal deste terceiro tópico.

Uma nova teoria surge somente quando a comunidade científica fracassa no objetivo de oferecer respostas aos problemas por ela analisados. Isso decorre da incapacidade de produzir soluções satisfatórias a partir da base teórica-experimental em que o paradigma vigente está construído, motivo pelo qual se faz necessário a ascensão de um novo paradigma. Este período que precede a emergência de uma nova teoria será marcado por uma “insegurança profissional pronunciada, pois exige a destruição em larga escala de paradigmas e grandes alterações nos problemas e técnicas da ciência normal” (KUHN, 2012, capítulo 6).

A incapacidade do paradigma é constatada a partir do surgimento de anomalias, problemas que aparentemente não conseguem ser resolvidos utilizando as regras estabelecidas pelo mesmo, fato que indica a necessidade de buscar novas regras para solucionar estas questões.

É exatamente porque a emergência de uma nova teoria rompe com uma tradição da prática científica e introduz uma nova dirigida por regras diferentes, situada no interior de um universo de discurso também diferente, que tal emergência só tem probabilidade ocorrer quando se percebe que a tradição anterior equivocou-se gravemente” (KUHN, 2012, p.170).

Para que uma anomalia consiga produzir uma crise no meio da comunidade científica precisa se comportar de maneira distinta das demais. O esforço aplicado pelos cientistas para conseguir sua elucidação deve configurar-se como inútil, uma vez que suas tentativas de enquadrar o problema dentro das soluções possíveis mostram-se como falhas, não havendo, portanto, nenhuma resposta que possa ser considerada satisfatória. Sendo assim, “uma anomalia parece ser algo mais do que um novo quebra-cabeça da ciência normal, é sinal de que se iniciou a transição para a crise e para a ciência extraordinária” (KUHN, 2012, p.166).

A crise põe fim a atividade desenvolvida pela “ciência normal” e dá início a chamada “ciência extraordinária”. Durante esse período, os cientistas se dedicam exclusivamente à tentativa de compreender as anomalias, as quais estão impedindo que as peças dos “quebra-cabeças” por ele estudados possam ser “encaixadas”. Para alcançar este objetivo utilizam todos os instrumentos que foram desenvolvidos durante a fase da ciência normal para solucionar os problemas oferecidos pelo paradigma. Ao constatar que os mesmos já não são capazes de os auxiliarem na tarefa de compreender estas anomalias, percebem que é necessária sua substituição, como nos indica Kuhn (2012, p.158) ao afirmar que “o significado das crises consiste exatamente no fato de que indicam que é chegada a ocasião para renovar os instrumentos.”.

O período de crise é algo decisivo dentro do processo revolucionário, uma vez que a comunidade de pesquisadores necessita sair do impasse provocado pela mesma para dar continuidade à produção de conhecimento científico. Sendo assim, como nos descreve Thiago Alves de Souza (2012, p.24-25) em sua monografia *A concepção de ciência em Thomas Kuhn* os períodos de crise podem acabar de três formas.

Na primeira delas, os praticantes acabam encontrando uma forma de articular o paradigma às anomalias, acabando assim com a crise. Na segunda, os cientistas podem concluir que os problemas não têm solução. Neste caso, o problema é rotulado como caso especial e deixado para as próximas gerações. Por fim, a crise pode terminar com a emergência de um novo candidato a paradigma e culminar em uma revolução científica.

Como atestado anteriormente, para Kuhn são as revoluções científicas que permitem que a ciência progrida. Entretanto, para que uma teoria possa ser aceita como novo paradigma de uma comunidade científica precisará enfrentar a oposição por parte dos defensores do paradigma anterior. Por estar habituado a utilizar as técnicas e o discurso desenvolvido pelo paradigma vigente, este grupo de cientistas oferece resistência a sua aprovação, sendo necessário para tal comprovar que o novo paradigma poderá responder com maior eficiência a uma gama maior de problemas quando comparado com seu predecessor. Além disso, é preciso desenvolver argumentos bem fundamentados, capazes de persuadir toda a comunidade científica. Entretanto

[...] é somente muito mais tarde, após o desenvolvimento, a aceitação e a exploração do novo paradigma, que os argumentos aparentemente decisivos [...] são desenvolvidos. Produzi-los é parte da tarefa da ciência normal. Tais argumentos desempenham seu papel não no debate entre paradigmas, mas nos textos pós-revolucionários” (KUHN, 2012, p.256).

Durante a fase de convencimento sobre a eficácia do possível candidato a novo paradigma, a comunidade científica continua a se deixar guiar pelo paradigma vigente. O mesmo será superado somente quando for provado que a nova teoria se mostrou superior a anterior quando comparadas. Os cientistas jamais abandonarão o paradigma que os conduziu a crise sem haver outro para supri-lo pelo fato que “rejeitar um paradigma sem simultaneamente substituí-lo por outro é rejeitar a própria ciência” (KUHN, 2012, p.162).

64 A resistência apresentada por uma parcela da comunidade científica explica-se pelo fato de que o paradigma contestado foi o responsável direto por guiar suas pesquisas e descobertas até aquele momento. A decisão de aceitar um novo paradigma representa um ato de fé, uma vez que o cientista “precisa ter fé na capacidade do novo paradigma para resolver os grandes problemas com que se defronta, sabendo apenas que o paradigma anterior fracassou em alguns deles. Uma decisão desse tipo só pode ser feita com base na fé” (KUHN, 2012, p.258).

A comunidade científica, ao aceitar a nova teoria, encerra o período de crise. Esta transição de um paradigma a outro se denomina “revolução científica”, fenômeno considerado por Kuhn como o fator principal e base do progresso do conhecimento científico.

O resultado final de uma sequência de tais seleções revolucionárias, separadas por períodos de pesquisa normal, é o conjunto de instrumentos notavelmente ajustados que chamamos de conhecimento científico moderno (KUHN, 2012, p.277).

Sendo assim, a estrutura deste processo revolucionário é considerada por Kuhn como uma característica intrínseca das ciências, uma vez que faz parte do modo dinâmico de ser da mesma. É a partir dela que o conhecimento científico evolui, permitindo que a humanidade progrida na construção de um saber articulado e especializado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivo deste artigo foi apresentar a teoria e pensamento elaborados por Thomas Samuel Kuhn. No primeiro capítulo, se fez um resgate histórico do período conhecido como “Revolução Científica do século XVII” ou “Revolução Copernicana”, o qual compreende o intervalo de tempo entre a publicação da obra *De Revolutionibus Orbium Coelestium* em 1543 por Nicolau Copérnico e a publicação de *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* por Isaac Newton, em 1687. Graças às pesquisas desenvolvidas por diversos cientistas, entre eles nomes importantes como Galilei, Kepler e Brahe, significativas descobertas foram feitas, permitindo que o conhecimento científico progredisse de maneira extraordinária. A partir disso a visão de mundo foi alterada profundamente, sendo abandonada a mentalidade medieval pautada em explicações de cunho teológico, passando a ser adotado um espírito empírico-racionalista para compreender os fenômenos observados na natureza.

Com a intenção de apresentar a importância que as revoluções científicas possuem para o progresso científico, Kuhn desenvolve sua teoria explicando as etapas constituintes do processo pelo qual as mesmas se estruturam. A partir da exposição de sua teoria, presente, sobretudo na obra *Estrutura das Revoluções Científicas*, foi analisado o conceito de paradigma, o qual consiste nas ideias e valores que norteiam a comunidade científica durante um período. Quando o mesmo se mostra insuficiente, ocorre sua substituição, por consequência modifica-se o modo de trabalhar de uma comunidade científica. A esta mudança de paradigmas Kuhn denominou revolução científica.

Esse processo de rupturas é o elemento que permite a ciência progredir. Entretanto, o período que antecede a escolha de um novo paradigma é marcado por uma crise no meio da comunidade científica, uma vez que os instrumentos e regras que orientavam seus trabalhos se mostram insuficientes para oferecer as respostas desejadas. Durante esta etapa os cientistas se dedicam a tentar resolver os problemas aparentemente sem soluções. Uma vez não alcançado este objetivo, busca-se uma nova teoria capaz de respondê-los.

Conclui-se que a teoria de Kuhn, embora seja alvo de críticas por muitos autores da área, apresenta um retrato verosímil da atividade científica, uma vez que identifica o aspecto dinâmico que a mesma possui, o qual permite que o conhecimento desenvolvido por ela evolua continuamente.

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de Filosofia**. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

DAMÁSIO, Felipe. O início da revolução científica: questões acerca de Copérnico e os epiciclos, Kepler e as orbitas elípticas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.33, n. 3 2011.

GLEISER, Marcelo. **A dança do universo: dos mitos de criação ao Big-Bang**. 2. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

HUISMAN, Denis. **Dicionário de obras filosóficas**. Tradução de Ivone Castilho Benedetti. 1. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

KUHN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. 12. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013.

MENDONÇA, André Luis de Oliveira. O legado de Thomas Kuhn após cinquenta anos. **Scientiae Studia**, São Paulo, v.10, n.3, p. 535-560, 2012.

OLIVEIRA, Stenio Gonçalves de. **Kuhn, Feyerabend e a revolução copernicana: “irracionalidades” na atividade científica?** 2011. 127 f. Dissertação (Mestrado em Educação e Ciências Matemáticas) – UFG, 2011.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. **História da Ciência: a ciência moderna**. 2. ed. Brasília: FUNAG, 2012. v. 3.

TOSSATO, Claudemir Roque. Incomensurabilidade, comparabilidade e objetividade. **Scientiae Studia**, São Paulo, v.10, n.3, p. 489-504, 2012.

SOUZA, Thiago Alves de. **A concepção de ciência em Thomas Kuhn**. 2012. 43f. Monografia (Graduação em Filosofia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.