

Sobre os paradigmas de Kuhn, o problema da incomensurabilidade e o confronto com Popper

Jenner Barretto Bastos Filho

Departamento de Física, Universidade Federal de Alagoas 57072-970, Campus da Cidade Universitária, Maceió-Alagoas, Brazil. e-mail: jenner@fis.ufal.br

RESUMO. Discutimos o relato kuhniano sobre o desenvolvimento da ciência. Dedicamos atenção especial aos conceitos de paradigma, ciência normal, ciência extraordinária, incompatibilidade e incomensurabilidade. Ao compararmos as mecânicas newtoniana e relativista nós chegamos à conclusão de que o processo revolucionário correspondente contém ambos, tanto elementos de continuidade quanto elementos de descontinuidade. Os elementos de continuidade justificam o princípio de correspondência que conecta ambas as tradições e, consequentemente, também justificam a comensurabilidade entre as duas tradições. Por outro lado, a existência de elementos de descontinuidade implica também uma ruptura conceitual drástica, a qual não pode ser adequadamente compreendida simplesmente se nos ativermos ao limite matemático envolvido no processo de correspondência. Por exemplo, na mecânica newtoniana, diferentemente do que se dá para a mecânica relativista, massa e energia são conceitos dicotômicos, não convertíveis entre si. Argumentamos que ambos, tanto o relato kuhniano quanto o relato popperiano, este último constituído por revoluções permanentes através de conjecturas e refutações, não são completamente adequados para dar conta do empreendimento científico real. A ciência é mais complexa do que aquilo que ambas as abordagens podem dar conta.

Palavras-chave: Kuhn, Popper, confronto, ciência, incomensurabilidade.

ABSTRACT. **Kuhn's paradigms, the problem of incommensurability and confrontation with Popper.** The Kuhnian view on the development of science is discussed. Special attention has been devoted to the concepts of paradigm, normal science, extraordinary science, incompatibility and incommensurability. If Newtonian mechanics is compared with relativistic one, it may be concluded that the corresponding revolutionary process implies both continuous and discontinuous elements. The continuous elements justify the correspondence principle connecting both theories and, as a consequence, commensurability too. On the other hand, the existence of discontinuous elements implies in a conceptual and radical rupture going beyond a mere mathematical limit of the correspondence process. In Newtonian mechanics, for instance, differently from relativistic mechanics, mass and energy are two dichotomic concepts, not convertible among themselves. The Kuhnian view and the Popperian view (this last one made up of conflicts through conjectures and refutations) are not completely suitable to explain real science. Science is much more complex than both approaches can cope with.

Key words: Kuhn, Popper, confrontation, incommensurability, science.

Em um primeiro momento, um dos objetivos do presente trabalho é o de fornecer um quadro teórico conciso do pensamento de Kuhn (1975), notadamente no que concerne aos conceitos de paradigma, ciência normal, crise, anomalia, ciência extraordinária, incompatibilidade e incomensurabilidade. Conforme a organização que adotamos ao escrever o presente trabalho, este teor está mais ou menos contemplado na seção 2. Uma

abordagem relativamente extensa do problema da incomensurabilidade é remetida para a seção 3. Nesta seção, estudamos três exemplos tirados da física, sendo que o primeiro deles é analisado em pormenores. Trata-se da comparação entre a mecânica de Newton e a mecânica relativista. Quando se procede a uma tal comparação à luz do princípio da correspondência, podem-se encontrar tanto elementos de continuidade que justificam a

idéia de comensurabilidade, quanto elementos de descontinuidade implicados por radicais rupturas conceituais, as quais revelam um quadro, talvez, de incomensurabilidade filosófica somente disfarçado por uma coerência simplesmente numérica. Neste estágio - e aí identificamos um segundo momento - a adoção de Popper, constituída pela sua revolução permanente através de conjecturas e refutações, é trazida à baila a título de confronto com a adoção de Kuhn. Na seção 4, discutimos a enorme diferença conceitual entre comensurabilidade e indução; na seção 5 apresentamos uma brevíssima discussão sobre racionalidade e comensurabilidade e na seção 6 apresentamos uma ampliação de nossa discussão no sentido de enriquecê-la.

Vamos finalizar a presente introdução com um comentário que julgamos relevante para a compreensão deste trabalho. Efetivamente, a partir das citações de Kuhn aqui trazidas à baila, não se depreende com grande nitidez a diferença entre os significados dos termos, respectivamente, *incompatibilidade* e *incomensurabilidade*. Por exemplo, se tomarmos a citação (Kuhn, 1975:138), o termo *incomensurável* pode parecer adquirir uma acepção que remeteria meramente para uma gradação em relação ao termo *incompatível*. Watkins (1979), um dos críticos de Kuhn, não entende tal diferença como uma gradação. Sejam por exemplo as seguintes sentenças: *Maria Luíza é sonhadora* e *Isabel não gosta de cocada*. Ora, nenhuma conclusão lógica pode ser inferida sobre alguma das sentenças a partir da outra. Por exemplo, a conclusão segundo a qual “*se Isabel não gosta de cocada, então Maria Luíza é sonhadora*” não é legítima pois as duas sentenças pertencem a universos de discurso distintos e desta maneira não são comparáveis logicamente. O fato de Maria Luíza ser sonhadora é perfeitamente *compatível* com o fato de Isabel não gostar de cocada. Logo, as duas sentenças são *compatíveis*, na medida em que podem perfeitamente coexistir, mas também são *incomensuráveis*, na medida em que não são comparáveis logicamente. No caso de teorias científicas formuladas matematicamente, são pelo menos possíveis dois casos: no primeiro caso, as teorias, por tratarem de objetos e conceitos diversos, são *incomensuráveis*, e neste caso são *compatíveis*, pois nada em qualquer uma delas proíbe a coexistência com a outra; no segundo caso elas seriam comparáveis logicamente quanto aos elementos de continuidade mas uma eventual situação quanto aos elementos de descontinuidade seria um assunto delicado e sutil.

Os paradigmas de Kuhn

O termo *paradigma* vem se tornando bastante popular a ponto de hoje (janeiro de 2000) constituir-se em algo corriqueiro no seio de diversos grupos de pessoas. É possível mesmo que grande parte dessa popularidade seja resultado da grande repercussão da obra seminal de Thomas Kuhn intitulada *A Estrutura das Revoluções Científicas*, cujo prefácio data de fevereiro de 1962. No entanto, a palavra *paradigma* assumiu uma gama relativamente ampla de significados. Masterman (1979), por exemplo, apontou que do livro de Kuhn se poderiam extrair 21 acepções para o termo *paradigma* (ver também posfácio de Kuhn escrito em 1969 e incorporado à tradução brasileira em língua portuguesa de 1975). No posfácio de 1969 Kuhn se defende ao argumentar que toda essa ambigüidade em torno do termo *paradigma* era meramente incidental e, deste modo, poderia ser significativamente reduzida. No entanto, esse não é, para os nossos propósitos, um problema sério posto que, ao nosso ver, podemos fazer uma leitura clara e precisa do significado do termo *paradigma*. Em outras palavras, não acreditamos ser ele mais dotado de ambigüidade que muitos outros termos usados na nossa linguagem do dia a dia como, por exemplo, liberdade, solidariedade, livre arbítrio, democracia, virtude, etc. Em outras palavras, não obstante a grande importância dos conceitos, o mero aspecto terminológico ou, se quisermos, o mero aspecto nominalista ou de notação, não deve desempenhar qualquer papel decisivo aqui.

No intuito de tentar uma síntese, *grosso modo*, do pensamento de Kuhn, deveremos proceder a discussão tanto de alguns conceitos-chave da obra kuhniana quanto da articulação entre eles. Deveremos, pois, ter em mente o conceito de *paradigma*, a crítica kuhniana à concepção que encara o desenvolvimento científico como um processo que resulta de mera acumulação, o conceito de *ciência normal*, o conceito de *revoluções científicas* e o conceito de *incomensurabilidade*. Pelo menos esses, em primeira aproximação, serão suficientes para nos fornecer um quadro minimamente aceitável do pensamento kuhniano.

No prefácio de 1962, Kuhn escreve:

Considero ‘paradigmas’ as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência.
(Kuhn, 1975:13)

O conceito que Kuhn esboça é de uma comunidade de pessoas que tem como referência

realizações universalmente reconhecidas e para a qual por algum tempo, tais realizações fornecem problemas e soluções modelares. Portanto, os problemas e soluções modelares compartilhados pelos membros dessa comunidade são justamente aqueles que estão dentro daquele quadro fornecido por tais realizações universalmente aceitas, e não por outras que se distanciam delas.

Mas o que Kuhn tem em mira, muito enfaticamente, é a crítica a uma concepção de ciência baseada no conceito de desenvolvimento por acumulação, e por conseguinte, na crítica ao estudo, meramente, dos eventuais obstáculos que inibiriam tais acumulações. Não podemos esquecer que o livro, tal como o próprio título enfaticamente sugere, tem a intenção de fornecer uma nova imagem daquilo que se poderia chamar de *estrutura das revoluções científicas*. Efetivamente, ele propõe uma outra imagem do desenvolvimento científico. Na sua crítica à acumulação, ele escreve:

Contudo nos últimos anos, alguns historiadores estão encontrando mais e mais dificuldades para preencher as funções que lhes são prescritas pelo conceito de desenvolvimento-por-acumulação [...]. Quanto mais cuidadosamente estudam, digamos, a dinâmica aristotélica, a química flogística ou a termodinâmica calórica, tanto mais certos tornam-se de que, como um todo, as concepções de natureza outrora correntes não eram nem menos científicas, nem menos o produto da idiossincrasia do que as atualmente em voga [...]. Teorias obsoletas não são acientíficas em princípio, simplesmente por que foram descartadas. Contudo esta escolha torna difícil conceber o desenvolvimento científico como um processo de acréscimo. (Kuhn, 1975:21)

Veremos, mais adiante, que uma concepção do gênero difere consideravelmente daquela que adota que as teorias sucedâneas reproduzirão os resultados extensivamente corroborados das teorias precedentes apenas como casos particulares dessas teorias sucedâneas. Contudo, este ponto importante será abordado na próxima seção.

Quanto à ciência normal, Kuhn escreve:

A ciência normal, atividade na qual a maioria dos cientistas emprega inevitavelmente todo o seu tempo, é baseada no pressuposto de que a comunidade científica sabe como é o mundo. Grande parte do sucesso do empreendimento deriva da disposição da comunidade para defender esse pressuposto - com custos consideráveis, se necessário. Por exemplo, a ciência normal freqüentemente suprime novidades fundamentais, porque estas subvertem necessariamente seus compromissos básicos. (Kuhn, 1975:24)

Em outras palavras, podemos depreender da citação acima que os praticantes de uma ciência

normal têm como compromisso básico uma dada concepção de mundo, compromisso esse que se constitui num pressuposto (a comunidade científica sabe como o mundo é) e, deste modo, deve se ater rigorosamente a ele. Assim sendo, qualquer novidade que constitua uma contestação a esse compromisso básico consiste em subversão e deve ser suprimida.

Contudo, com o advento de *anomalias* e com os sucessivos e mal sucedidos esforços envidados no sentido de encaixá-las nos limites dos compromissos profissionais ditados pela tradição, há uma certa desorientação da *ciência normal*. Ai ocorrem os desenvolvimentos extraordinários. Kuhn escreve a propósito:

E quando isso ocorre - isto é, quando os membros da profissão não podem mais esquivar-se das anomalias que subvertem a tradição existente da prática científica - então começam as investigações extraordinárias que finalmente conduzem a profissão a um novo conjunto de compromissos, a uma nova base para a prática da ciência. Neste ensaio, são denominadas de revoluções científicas os episódios extraordinários nos quais ocorre essa alteração de compromissos profissionais. As revoluções científicas são os complementos desintegradores da tradição à qual a atividade científica normal está ligada. (Kuhn, 1975:25)

Tomemos, como gancho, a última frase da citação acima, na qual é claramente argumentado, com todas as letras, que as revoluções científicas constituir-se-iam em complementos desintegradores da tradição e, como tais, constituir-se-iam em um rompimento drástico com essa tradição à qual a ciência normal está ligada. Mas se, por um exercício de ficção, supusermos que as revoluções científicas se constituem em negação completa da tradição anterior, então *ipso facto* nenhum tipo de *princípio de correspondência* poderia ser conectado entre os novos resultados (revolucionários no sentido kuhniano e que começam a emergir a partir dos desenvolvimentos extraordinários) e os antigos resultados extensivamente corroborados pela tradição precedente, pois tais universos conceituais seriam *incompatíveis* e, até mesmo *incomensuráveis* entre si (a propósito, ver a citação de Kuhn, 1975:138). É importante ressaltar que por *princípio de correspondência* entendemos o pressuposto segundo o qual uma teoria extensivamente corroborada de uma dada tradição teórica (por exemplo, a mecânica newtoniana) não é totalmente negada pela tradição que a substituirá, e sim, aparece como um caso particular da nova teoria (por exemplo, a mecânica quântica). Ao argumentar que as revoluções científicas são complementos desintegradores da tradição, Kuhn investe contra um importante

expediente da ciência, como o *princípio da correspondência*. A discussão desse importante ponto será remetida para a próxima seção.

A fim de consubstanciar o conceito kuhniano de *revoluções científicas* associado ao seu conceito de *incomensurabilidade* seja a seguinte citação:

..., nos ocuparemos repetidamente com os momentos decisivos essenciais do desenvolvimento científico associado aos nomes de Copérnico, Newton, Lavoisier e Einstein. Mais claramente que muitos outros, esses episódios exibem aquilo que constitui todas as revoluções científicas, pelo menos no que concerne à história das ciências físicas. Cada um deles forçou a comunidade a rejeitar a teoria científica anteriormente aceita em favor de uma outra incompatível com aquela. (Kuhn, 1975:25)

Em relação ao termo *incompatível* é também interessante analisar uma passagem de Kuhn na qual está escrito,

De modo especial, a discussão precedente indicou que consideramos revoluções científicas aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior. (Kuhn, 1975:125)

Já estamos aptos para a discussão do importante problema da incomensurabilidade de teorias levantado por Kuhn (1975), e também por Feyerabend (1977). E esse mister será remetido para a próxima seção. Em um trabalho seguinte estudaremos até que ponto podemos considerar os termos *incompatibilidade* e *incomensurabilidade* como mais ou menos próximos ou, ao invés, como termos antitéticos.

O problema da incomensurabilidade

Se nos ativermos simplesmente ao que foi visto até então, podemos resumir *grosso modo* o pensamento de Kuhn da seguinte maneira: um dado *paradigma* constitui um universo conceitual compartilhado por uma comunidade que sabe piamente como o mundo é, e deste modo, é detentora de um referencial teórico que é capaz de apresentar problemas e soluções exemplares típicos desse quadro conceitual. Os indivíduos que começam a divergir do paradigma dominante, mesmo que isso se dê apenas parcialmente, passam a não ser bem aceitos no seio da comunidade. A *ciência normal*, ou seja, a que comporta um universo conceitual cujos membros adotam um *paradigma*, não pode admitir crítica a esse paradigma. Esse constitui um compromisso básico a fim de fazer a ciência crescer, bem entendido, fazer crescer a

ciência normal kuhniana. Quem violar a proibição tácita, implícita, às vezes até mesmo explícita, e começa a criticar o paradigma dominante no qual a ciência normal se baseia para crescer, está, por conseguinte, também violando um compromisso básico tácita e implicitamente assumido por aquela comunidade e portanto, deve ser punido como um dissidente que deve ser condenado ou ao silêncio obsequioso ou então, deve ser explicitamente excluído dessa comunidade. A ciência normal é dogmática e não tolera críticas. Segundo Kuhn, uma ciência normal madura se atém a um paradigma e se apega dogmáticamente a ele.

Kuhn escreve a respeito,

A maioria dos cientistas, durante toda a sua carreira, ocupa-se com operações de limpeza. Elas constituem o que chamo de ciência normal. Examinado de perto, seja historicamente, seja no laboratório contemporâneo, esse empreendimento parece ser uma tentativa de forçar a natureza a encaixar-se dentro dos limites preestabelecidos e relativamente inflexíveis fornecidos pelo paradigma. A ciência normal não tem como objetivo trazer à tona espécies de fenômenos; na verdade, aqueles que não se ajustam nos limites do paradigma freqüentemente nem são vistos. Os cientistas também não estão constantemente procurando inventar novas teorias; freqüentemente mostram-se intolerantes com aquelas inventadas por outros. (Kuhn, 1975:44-45)

E mais adiante, Kuhn escreve

Talvez essas características sejam defeitos. As áreas investigadas pela ciência normal são certamente minúsculas; ela restringe drasticamente a visão do cientista. Mas essas restrições, nascidas da confiança no paradigma, revelaram-se essenciais para o desenvolvimento da ciência. Ao concentrar a atenção numa faixa de problemas relativamente esotéricos, o paradigma força os cientistas a investigar alguma parcela da natureza com uma profundidade e de uma maneira tão detalhada que de outro modo seriam inimagináveis. (Kuhn, 1975:45)

A propósito, Kuhn escreve,

Já vimos que uma comunidade científica, ao adquirir um paradigma, adquire igualmente um critério para a escolha de problemas que, enquanto o paradigma for aceito, poderemos considerar como dotados de uma solução possível. Numa larga medida, esses são os únicos problemas que a comunidade admitirá como científicos ou encorajará seus membros a resolver. Outros problemas, mesmo muitos dos que eram anteriormente aceitos, passam a ser rejeitados como metafísicos ou como sendo parte de outra disciplina. (Kuhn, 1975:60)

E mais adiante,

Uma das razões pelas quais a ciência normal parece progredir tão rapidamente é a de que seus praticantes concentram-se em problemas que somente a sua falta de engenho pode impedir de resolver. (Kuhn, 1975:60)

A leitura que podemos fazer, tendo em vista as quatro últimas citações de Kuhn reproduzidas acima, é de um quadro muito diferente daquele que é comumente pensado sobre o desenvolvimento da ciência. A ciência normal kuhniana que, diferentemente da ciência extraordinária, é cumulativa, é construída de uma maneira tal que se distancia enormemente daquela que concebe uma pressuposta e grande liberdade que normalmente é atribuída aos cientistas. E mais uma vez damos ênfase ao fato de que estamos nos atendo ao que Kuhn chama de ciência normal e não ao que ele chama de ciência extraordinária. Os cientistas normais devem se ater, rigorosamente, aos problemas em relação aos quais as procuras de soluções forem encorajadas, as quais são justamente aquelas que se inserem no contexto do paradigma dominante. Ai estariam, a um só tempo, a força e a fraqueza da ciência normal. Com tal disciplina paradigmática, os cientistas se concentrariam em problemas restritos e altamente esotéricos, em relação aos quais somente a falta de destreza os impediria de alcançar resultados que incrementam o desenvolvimento da ciência normal. É evidente que podemos também interpretar, a partir daquilo que explicitamente está escrito acima, que os cientistas normais (e mais uma vez é necessário não confundir ciência normal com ciência extraordinária) não devem se orgulhar de estar fazendo um trabalho intelectualmente superior ao comum dos mortais, pois os problemas com que eles se ocupam exigem apenas fé paradigmática e trabalho duro. O mérito dos cientistas normais circunscrever-se-ia à fé no paradigma professado e ao trabalho extenuante para resolver os problemas exemplares afetos a esse paradigma. A esmagadora maioria dos cientistas normais se ocupa de problemas cuja viabilidade de solução é mais ou menos prevista com razoável precisão. Referimo-nos à força e à fraqueza da ciência normal para dar ênfase ao fato de que, em linha de princípio, nada há de errado com a ciência normal. Kuhn, inclusive, argumenta que seria inimaginável construir os seus resultados sem tais compromissos profissionais rígidos. Logo, toda essa fé paradigmática é fundamental para o sucesso da ciência normal. Mas também se a ciência normal tem força, na medida em que alcança resultados e contribui para o acréscimo e acumulação da ciência, ela não deveria permitir tanta jactância e arrogância

de seus membros, daí a sua fraqueza. Em suma, poderíamos dizer que a *força* da ciência normal é a concentração quase que exclusiva nos problemas e soluções exemplares que estão inseridos no contexto do paradigma e a recusa de qualquer outro expediente que dispersaria essa concentração, a qual faz progredir a acumulação da ciência normal. Trata-se, assim também podemos inferir, tanto de uma clara divisão do trabalho quanto de uma instituição rigorosa de um tipo de especialização. Ao sapateiro, o sapato; ao carroceiro, a carroça; ao cientista normal, apenas o paradigma que lhe propicia problemas e soluções exemplares, ou seja, a resolução de quebra-cabeças. Podemos também inferir que a instituição da ciência normal é rigorosamente necessária para que venha a ter lugar o desenvolvimento cumulativo. E é essa a razão pela qual críticas ao paradigma dominante são consideradas violações de compromissos básicos que atentam contra a instituição da ciência normal e *ipso facto* devem ser eliminadas.

Depois de analisar algumas fraquezas e forças da ciência normal, passemos a analisar a importantíssima questão da *incomensurabilidade* ou não entre as teorias.

Numa epígrafe à parte I do livro *Conjecturas e Refutações* de Karl Raimund Popper aparece uma bela e expressiva frase de Einstein (1982), que aqui reproduzimos:

Não pode haver melhor destino para uma teoria que a de mostrar o caminho a uma teorização mais geral na qual ela sobreviva como um caso particular.

É possível fazer a seguinte leitura da citação acima: seja uma dada teoria que foi extensivamente corroborada em um dado domínio de validade; seja uma teoria mais geral que a anterior e que a contenha como um caso particular. A teoria mais geral, quando analisada naquele mesmo domínio de validade, deve necessariamente ser válida nesse domínio, e além disso, deve ser válida para um ou mais domínios para os quais a teoria menos geral não o é. Em outras palavras, a teoria mais geral deve fornecer todos os resultados que a menos geral fornece e, além desses, outros resultados corroborados que estão fora do domínio de validade da teoria menos geral.

Levando em conta o que foi acima argumentado e se, além disso, considerarmos que a teoria mais geral constitui a tradição posterior e a teoria menos geral a tradição anterior, então seria de se concluir que há um traço de continuidade entre as tradições anterior e posterior, pois a anterior não é totalmente negada pela tradição sucedânea. Em outras palavras, e diferentemente do que Kuhn (1975:25) argumenta

as revoluções científicas não são complementos desintegradores da tradição paradigmática anterior, ou pelo menos, não o são totalmente, pois existem elos de continuidade entre as duas tradições. Esses elos podem ser aqueles consubstanciados por um princípio de correspondência.

Mas Kuhn afirma que,

A tradição científica normal que emerge de uma revolução científica é não somente incompatível, mas muitas vezes verdadeiramente incommensurável com aquela que a precedeu. (Kuhn, 1975:138)

A título de exemplo, tomemos a tão decantada passagem da dinâmica relativista para a dinâmica newtoniana. A esse respeito, Kuhn tece as seguintes considerações:

*A dinâmica newtoniana pode realmente ser derivada da dinâmica relativista? A que se assemelharia essa derivação? Imaginemos um conjunto de proposições $E_1, E_2, \dots, E_n$, que juntas abarcam as leis da teoria da relatividade. Essas proposições contêm variáveis e parâmetros representando posição espacial, tempo, massa de repouso, etc... A partir deles, juntamente com o aparato da lógica e da matemática, é possível deduzir todo um conjunto de novas proposições, inclusive algumas que podem ser verificadas através da observação. Para demonstrar a adequação da dinâmica newtoniana como um caso especial, devemos adicionar aos E_i proposições adicionais, tais como $(v^2/c^2) \ll 1$, restringindo o âmbito dos parâmetros e variáveis. Esse conjunto ampliado de proposições é então manipulado de modo a produzir um novo conjunto $N_1, N_2, \dots, N_n$, que na sua forma é idêntico às leis de Newton relativas ao movimento, à gravidade e assim por diante. Desse modo, sujeita a algumas condições que a limitam, a dinâmica newtoniana foi **aparentemente** derivada da einsteiniana..* (Kuhn, 1975:135-136) [O grifo na palavra **aparentemente** é nosso].

Mas Kuhn não considera uma tal derivação genuína. Argumentando a respeito ele prossegue:

*Todavia tal derivação é espúria, ao menos em um ponto. Embora os N_i sejam um caso especial da mecânica relativista, eles não são as leis de Newton. Se o são, estão reinterpretadas de uma maneira que seria **inconcebível** antes dos trabalhos de Einstein.* (Kuhn, 1975:136) [o grifo na palavra **inconcebível** é nosso].

E mais adiante ele nos diz:

Mas os referentes físicos desses conceitos einsteinianos não são de modo algum idênticos àqueles conceitos newtonianos que levam o mesmo nome. (A massa newtoniana é conservada; a einsteiniana é conversível com a energia). (Kuhn, 1975:136)

E ainda,

... Mas o argumento ainda não alcançou os objetivos a que se propunha, ou seja, não demonstrou que as leis de Newton são um caso limite das de Einstein, pois na derivação não foram apenas as leis que mudaram. Tivemos que alterar simultaneamente os elementos estruturais fundamentais que compõem o universo ao qual se aplicam. (Kuhn, 1975:136) [O grifo nesta última frase é nosso].

Centremos a nossa atenção na argumentação segundo a qual, durante a passagem ao caso limite, Kuhn assevera que “não apenas as leis mudam quanto também são alterados simultaneamente os elementos estruturais fundamentais que compõem o universo ao qual se aplicam”. Passemos a analisar alguns exemplos.

1º exemplo/1º procedimento. Tomemos inicialmente o exemplo da passagem da lagrangeana de uma partícula livre em mecânica relativista para a lagrangeana correspondente de uma partícula livre em mecânica clássica não relativista. Lançando mão dos conceitos consubstanciados pelo princípio da mínima ação e do intervalo ds do espaço de Landau e Lifchitz (1966:34), concluem que a lagrangeana de uma partícula livre em mecânica relativista deve ter a forma matemática,

$$L = -\alpha c (1 - v^2/c^2)^{1/2} \quad (1)$$

onde o α é uma constante a ser identificada no processo de correspondência, v é a velocidade da partícula em relação a um referencial inercial previamente definido e c é a velocidade da luz no vácuo.

A fim de proceder à correspondência deveremos expandir a função

$$g(v) = (1 - v^2/c^2)^{1/2} \quad (2)$$

em série de potências para pequenos valores de v , isto é, deveremos aplicar à expressão acima, a fórmula

$$g(v) = g(v)|_{v=0} + g'(v)|_{v=0} v + g''(v)|_{v=0} v^2/2! + \text{Ordens superiores} \quad (3)$$

onde o primeiro termo do segundo membro da expansão acima se refere ao cálculo da derivada de ordem zero da função $g(v)$ calculada no ponto $v=0$ (ou seja, a própria função $g(v)$ calculada no ponto $v=0$); o segundo termo do segundo membro da expressão acima se refere ao produto da derivada primeira de $g(v)$ calculada no ponto $v=0$ por v ; o terceiro termo se refere ao produto da derivada

segunda calculada no ponto $v=0$ pelo quadrado da velocidade dividida pelo fatorial de 2; o cálculo completo inclui todas os termos correspondentes a ordens de derivação superiores a dois, mas para os nossos propósitos levaremos o cálculo até o termo de segunda ordem.

Levando a cabo os cálculos conforme o que foi indicado acima teremos,

$$L = -\alpha c (1 - v^2/c^2)^{1/2} \approx -\alpha c + (\alpha v^2 / 2 c) \quad (4)$$

e fazendo a correspondência com o valor da lagrangeana em mecânica clássica não relativista,

$$L = (m_0 v^2 / 2) \quad (5)$$

onde m_0 é a massa de repouso (se nos ativermos ao balizamento da mecânica relativista), ou massa newtoniana (se nos ativermos ao balizamento da mecânica newtoniana), concluímos que o parâmetro α deve ser igual a,

$$\alpha = m_0 c \quad (6)$$

Deste modo, uma vez completado o processo de correspondência (passagem ao caso limite), e identificado, através dessa correspondência, o valor de α acima, obtemos para a Lagrangeana relativista da partícula livre a expressão,

$$L = -m_0 c^2 (1 - v^2/c^2)^{1/2} \quad (7)$$

e para o valor limite na região não relativista, a expressão,

$$L \approx -m_0 c^2 + m_0 v^2 / 2 \quad (8)$$

Prestemos atenção ao fato de que o valor limite da lagrangeana da partícula livre para o domínio não relativista de fato reproduz o valor da energia cinética da partícula livre (segundo termo do segundo membro de (8)) mas a própria expressão (8), que é o resultado do processo de passagem ao caso limite newtoniano (o qual podemos considerar como a nossa correspondência) leva a um termo (o primeiro termo do segundo membro de (8)) que é estranho ao contexto clássico não relativista. Em outras palavras, esse primeiro termo do segundo membro de (8) está fora do domínio conceitual da mecânica clássica newtoniana. Talvez isso justifique a argumentação de Kuhn de que *...não foram apenas as leis que mudaram. Tivemos que alterar simultaneamente os elementos estruturais fundamentais que compõem o universo ao qual se aplicam.*

No entanto, Landau e Lifchitz *et al.* (1966:34) têm um parecer claramente diferente do de Kuhn quando afirmam que,

“Como se sabe, os termos da função de Lagrange que representam uma derivada total em relação ao tempo não são essenciais e se pode omiti-los. Toda constante é uma derivada total do produto desta constante pelo tempo; logo se pode omiti-la em L.”

No entanto, o ponto a que gostaríamos de dar ênfase em relação a este processo de correspondência, que é racional e matematicamente justificado, não é tanto o caráter legítimo de se proceder à omissão de termos constantes na expressão da função lagrangeana tal como foi argumentado por Landau e Lifchitz, e sim o fato de o termo eliminado estar fora do domínio conceitual da mecânica clássica newtoniana.

1º exemplo/2º procedimento. Vejamos agora o outro lado da moeda. É perfeitamente possível obter a energia cinética da mecânica newtoniana a partir da expressão geral relativista, sem que apareça qualquer termo constante que esteja fora do domínio conceitual da mecânica newtoniana. Vejamos como.

Efetivamente, a expressão da energia total de uma partícula de massa total m em mecânica relativista é:

$$E = m c^2 = m_0 c^2 (1 - v^2/c^2)^{-1/2} \quad (9)$$

Ora, esta energia total inclui uma parte que chamamos de energia de repouso (a qual por sua vez inclui toda a energia de interação entre as subpartes do corpo de massa de repouso m_0) e outra parte devido à energia de movimento (energia cinética). Deste modo podemos escrever:

$$E = E_{\text{repouso}} + E_{\text{cinética}} \\ \therefore E_{\text{cinética}} = E - E_{\text{repouso}} \quad (10)$$

A energia de repouso é calculada, colocando-se $v=0$ na expressão (9), logo,

$$E_{\text{repouso}} = m_0 c^2 \quad (11)$$

Substituindo (9) e (11) em (10), obtemos,

$$E_{\text{cinética}} = m_0 c^2 [(1 - v^2/c^2)^{-1/2} - 1] \quad (12)$$

Agora a passagem ao limite newtoniano se completa ao expandirmo-la em série de potências, ou seja, para pequenos valores de v , conforme a fórmula (3), a função

$$h(v) = (1 - v^2/c^2)^{-1/2} \quad (13)$$

A expansão em série de potências para pequenos valores de v nos leva, se nos ativermos aos cálculos até segunda ordem, ao resultado,

$$h(v) = (1 - v^2/c^2)^{-1/2} \approx 1 + 0 \cdot v + v^2/2c^2 \quad (14)$$

Substituindo (14) em (12) obtemos,

$$\begin{aligned} E_{\text{cinética}} &\approx m_0 c^2 [1 + v^2/2c^2 - 1] \\ \therefore E_{\text{cinética}} &\approx m_0 v^2/2 \end{aligned} \quad (15)$$

que é o valor da energia cinética no domínio não relativista. A transição, mais uma vez, se completa de maneira racional e legítima e aqui não houve necessidade de eliminação de qualquer termo que estivesse fora do universo conceitual da mecânica newtoniana.

Análise dos dois procedimentos acima. Mas prestemos atenção à seguinte questão, a qual é problemática em ambos os procedimentos, a saber, tanto no de Landau e Lifchitz quanto no que foi apresentado imediatamente acima. Centremos a nossa atenção nas fórmulas (5) e (15). Ainda mais precisamente, prestemos atenção ao significado conceitual da grandeza física denotada por m_0 .

Ora, se nos ativermos ao referencial teórico da mecânica relativista, m_0 é a massa de repouso da partícula, a qual, como sabemos, está associada a uma energia correspondente de acordo com a famosíssima fórmula que expressa a identidade massa-energia.

Se, por outro lado, nos ativermos ao referencial teórico da mecânica newtoniana, esta mesma grandeza tem um significado diferente.

O fato de se assumir $m_0 = m_{\text{Newtoniana}}$, apenas se refere à coerência numérica no procedimento da correspondência, mas não no que se refere à coerência filosófica. Como diz Kuhn, a massa de repouso einsteiniana m_0 é conversível em energia enquanto a massa newtoniana, segundo o quadro conceitual de Newton, não o é.

Em outras palavras, e a título de exemplo, a energia associada às massas de repouso einsteiniana do par elétron-pósitron é conversível em energia de dois fótons gama e vice-versa, dois fótons gama podem se converter em um par elétron-pósitron.

No entanto, no quadro conceitual da mecânica de Newton, diferentemente da identidade massa-energia da mecânica relativista, há uma clara dicotomia entre massa e energia. Por exemplo, no caso das ondas mecânicas, a energia pode se propagar sem que haja propagação de massa. O meio material se constitui tão somente em substrato para a

propagação da energia. Um modelo particularmente simples disso se constitui num conjunto alinhado de pêndulos simples de mesma massa. Se levantarmos o último pêndulo de massa $m_{\text{Newtoniana}}$ que se encontra à direita até uma altura Δh e, em seguida o soltarmos, a energia potencial adquirida ($m_{\text{Newtoniana}}g(\Delta h)$), onde g denota aceleração da gravidade, será comunicada ao substrato material composto pelos pêndulos em série, mas somente o último da esquerda se elevará até a mesma altura Δh . O processo se repete em direção contrária e, a partir daí, num movimento *ad infinitum* de subidas e descidas alternadas pelos pêndulos das extremidades.

Em suma, haveremos de convir que em que pese os dois procedimentos de correspondência acima estudados carregarem um forte elemento de racionalidade, eles também carregam uma certa incomensurabilidade filosófica que é tão somente disfarçada por uma coerência simplesmente numérica.

A questão discutida pode ser posta nos seguintes termos:

- Como conciliar filosoficamente um m_0 que carrega a marca da identidade massa-energia com um $m_{\text{Newtoniana}}$ que, exatamente ao contrário, carrega uma completa dicotomia entre massa e energia?

2º exemplo. Mas vejamos um outro exemplo, que nos instruirá sobre as dificuldades de concebermos duas dadas teorias, respectivamente, uma ligada a uma tradição anterior e outra ligada a uma tradição sucedânea, como comensuráveis entre si. O exemplo que traremos à baila para discussão se refere à possibilidade de passagem formal da teoria da relatividade geral (ou teoria gravitacional de Einstein) para a teoria gravitacional de Newton. Em outras palavras, cogita-se acerca de se conceber a teoria gravitacional de Newton como um caso particular da teoria gravitacional de Einstein.

Há um limite matemático chamado limite newtoniano segundo o qual a teoria gravitacional de Newton é obtida como um caso particular da teoria gravitacional de Einstein para o caso de campos gravitacionais fracos. Como a teoria gravitacional de Einstein não é uma tal de ação instantânea a distância e a de Newton implica ação instantânea a distância, então um tal limite deve conter a passagem matemática ao limite

$c \rightarrow \infty$. Trata-se de um limite matemático.

No entanto, as duas teorias, a saber, a teoria gravitacional de Einstein e a teoria gravitacional de

Newton, se apóiam em concepções de espaço que são radicalmente distintas entre si. A teoria gravitacional de Newton se apóia numa concepção tal cujo espaço tem uma *primazia* em relação aos objetos materiais; em outras palavras, podemos conceber um espaço vazio no qual não existam objetos materiais, mas esses somente podem ser concebidos enquanto existentes no espaço; daí a primazia do espaço em relação aos objetos materiais, o que justifica uma das aceções do caráter *absoluto* do espaço newtoniano. No que concerne ao conceito de espaço da teoria gravitacional de Einstein, as coisas se passam de maneira diversa. Neste caso, o espaço não tem uma existência independente dos objetos materiais; em outras palavras, se por um exercício de ficção removermos os objetos materiais, então removeremos também, com esses, o espaço correspondente; ainda em outras palavras, e diferentemente do conceito de espaço no qual se apóia a teoria gravitacional de Newton, a concepção de espaço da teoria gravitacional de Einstein implica numa espécie de *indissolubilidade* entre o espaço e os objetos materiais. Trata-se de um conceito correlacional de espaço *a la* Leibniz.

Ai notamos uma coisa muito curiosa. O instrumento matemático é poderoso para ligar duas tradições que se embasam em conceitos de espaço radicalmente diferentes entre si e até mesmo, talvez, entre dois conceitos filosoficamente irreconciliáveis. No entanto, o instrumento matemático, consubstanciado pelo limite matemático, é capaz de dar conta. Somos forçados a concluir que a interpretação de tudo isso transcende o mero limite matemático, apesar de reconhecermos o espetacular poder do instrumento matemático.

3º exemplo. Ainda um outro exemplo, desta feita o exemplo emblemático do *princípio de correspondência*, se constitui na obtenção da teoria clássica a partir da mecânica atômica de Bohr. Tal procedimento está eivado de escolhas judiciosas mas de difícil justificativa rigorosa; porém, faz-se mister dizer que, no processo de correspondência, se obtém a constante de Rydberg explicitada em função das grandezas fundamentais da realidade atômica, ou seja, a carga do elétron em unidades “mecânicas”, a massa do elétron e a constante de Planck; isto nos revela que a correspondência consubstanciada pela passagem para o caso limite de números quânticos grandes, o qual redundava na teoria clássica, se constitui num procedimento que se revela de um grau sofisticado de racionalidade.

Concluindo a presente seção. Mas agora entremos no âmago do problema da comensurabilidade ou não entre duas dadas teorias separadas entre si por uma revolução científica.

Perguntemos pois,

- Ao que mais se assemelha o empreendimento científico e, mais especificamente, ao que mais se assemelha o empreendimento científico no que se refere às ciências físicas ?

E no intuito de tentar responder a questões como esta, listaríamos algumas perguntas que se consubstanciam em possibilidades. Deste modo, em relação ao empreendimento científico, perguntaríamos:

- O empreendimento científico se assemelharia mais ao desiderato de Einstein e de Popper tal como está escrito na epígrafe de Einstein à parte I do livro de Popper *Conjecturas e Refutações*?
- Ou, ao invés, se assemelharia ao caráter desintegrador da atividade científica normal praticada no contexto do paradigma anterior, paradigma anterior esse que não teria relação de comensurabilidade com o paradigma emergente?
- Ou, ainda, ambos os relatos implícitos nas duas perguntas anteriores carecem de completeza, ou ainda, pecam por exageros, erros, esquematismos rígidos, etc.?

E agora é chegada a hora de darmos a nossa resposta provisória para este importante e difícil problema.

Ora, o desiderato de correspondência, tal como está consubstanciado pela citação de Einstein (1982), é, ao nosso ver, um tal pleno de racionalidade e deve ser perseguido, mesmo levando-se em conta os problemas por ele suscitados. Aliás, pelos problemas deveremos inclusive agradecer. Por outro lado, haveremos de convir que em quaisquer duas teorias separadas por um processo de revolução científica, a teoria sucedânea deve necessariamente conter elementos radicalmente novos, revolucionários enfim, os quais a tornam distinta da teoria anterior, que não os possui.

Deste modo, podemos argumentar que o processo constituído por uma dada revolução científica contém, de maneira dialética, tanto elementos de **continuidade**, os quais justificam a referência à tradição anterior, quanto elementos de **descontinuidade**, os quais necessariamente devem existir, pois somente esses justificam o caráter genuinamente revolucionário e o caráter genuinamente original no sentido mesmo da própria e verdadeira atividade criativa. Em outras palavras,

uma genuína revolução científica deve necessariamente envolver idéias e resultados que não podem, de maneira alguma, ser implicados pela tradição anterior. Se não for admitida esta característica de descontinuidade, o próprio conceito de revolução científica se esvaziaria em sentido pois não se identificaria, no curso do processo evolutivo, nenhuma ponto privilegiado de ruptura.

Deste modo, ambas as concepções extremas, a saber, tanto a exclusivamente continuísta quanto a exclusivamente descontinuísta, padecem de defeitos graves. A adoção exclusivamente continuísta não é adequada para que venhamos a conceber as revoluções científicas, pois essas, neste quadro, se constituiriam, tão somente, em desdobramentos naturais de um processo linear, sem rupturas e até mesmo, em certo sentido, previsíveis. Uma concepção do gênero, ao nosso ver, é claramente insuficiente. Por outro lado, a concepção exclusivamente descontinuísta leva à idéia de um rompimento com a tradição anterior, de tal maneira drástico, que excluiria qualquer que fosse a forma de correspondência entre as duas tradições. Levada a extremo, também essa adoção nos parece exagerada.

Dito isso, perguntaríamos se não seria perfeitamente possível uma solução conciliatória que implicasse na idéia segundo a qual o processo que constitui uma revolução científica necessariamente implicasse num verdadeiro e complexo entrelaçamento dialético que envolvesse tanto os elementos de continuidade, os quais permitem o diálogo com a tradição anterior, quanto aqueles imprescindíveis elementos de descontinuidade, sem os quais a própria idéia de revolução científica perderia seu sentido mais característico, pois sem tais elementos não haveria sequer algum ponto de ruptura onde se pudesse atribuir qualquer característica genuína de processo revolucionário.

Comensurabilidade e indução

Da discussão precedente, chegamos à conclusão de que as revoluções científicas constituem-se em episódios complexos que combinam de modo entrelaçado e dialético tanto elementos de continuidade como elementos de ruptura drástica, ou seja, descontínuos.

Aceitamos apenas parcialmente a tese de Kuhn. Ela nos parece muito boa para a descrição do dogmatismo imperante e de muitas das vicissitudes que dominam, em larga medida, a comunidade científica. No entanto, em relação ao rompimento drástico com a tradição anterior, cremos que algumas ressalvas importantes sejam absolutamente necessárias. Mas, deveremos adiantar, o

empreendimento científico é por demais plural e diversificado para que venha a se acomodar a qualquer tipo de relato e/ou esquematismo. Há outros relatos sobre o desenvolvimento da ciência diferentes de Kuhn, como, por exemplo, o dos programas científicos de pesquisa de Lakatos, e também o popperiano, que se assemelharia mais a um tipo de *revolução permanente* no qual todo o processo de *conjecturas e refutações* constituir-se-ia na modificação do conhecimento a partir do conhecimento anterior, numa evolução do tipo darwiniano.

Mas queremos dar ênfase aqui a um outro ponto que nos parece muito importante. Ora, autores como Kuhn e Popper são ambos adversários da indução, entendida a indução, no que se refere às teorias, como a inferência que se consubstanciaria na possibilidade da passagem das teorias particulares e/ou singulares para a teoria geral. Popper, por exemplo, foi um grande crítico da indução. Argumentou ele que não se pode passar da teoria de Galileu, válida para pequenas alturas comparativamente ao raio da Terra, para a teoria gravitacional de Newton, pois as premissas de partida (necessárias para justificar a inferência indutiva) seriam contraditas pelo resultado de chegada, o que se revelaria um absurdo (Ver nossa argumentação contida nas referências de Bastos Filho, 1995 e Bastos Filho, 1998). Se Popper é um grande adversário da indução, que é a base do empirismo, com muito maior razão o é Kuhn, que professa a desintegração da tradição anterior. Deste modo, quanto à crítica severa à indução há acordo entre os dois, se bem que as respectivas críticas têm lugar a partir de pontos de vistas bastante diferentes. No que diz respeito à comensurabilidade ou não entre teorias não existe acordo. Essa divergência pode muito bem ser entendida se nos ativermos à passagem do livro de Popper em que Einstein é citado em forma de epígrafe.

Em suma, tanto Popper e Einstein quanto Kuhn são anti-indutivistas. No entanto, Popper e Einstein acreditam em elementos de continuidade entre duas tradições separadas por uma revolução científica, porém ligadas entre si por um princípio de correspondência; logo, eles adotam, em larga medida, a tese da comensurabilidade, e deste modo estão, neste aspecto, distantes de Kuhn.

Comensurabilidade e racionalidade

Na seção anterior, argumentamos sobre a grande diferença que existe entre os conceitos de indução e comensurabilidade. Em outras palavras, é possível ser um adversário enfático da indução e admitir a

comensurabilidade no sentido de que uma teoria mais geral deve conter como casos particulares aquelas teorias menos gerais que já foram muito bem corroboradas nos seus respectivos domínios de validade. O elo onde se dá esse processo de inteligibilidade, no qual uma teoria menos geral pode ser compreendida no quadro conceitual de uma teoria mais geral, seria um tal regido por princípios de correspondências adequada e racionalmente escolhidos.

No que diz respeito à crítica à indução, podemos listar um número razoável de autores. Por exemplo, Einstein, Popper, Kuhn e Feyerabend, apenas para citar alguns, são todos, e cada um ao seu modo, adversários da indução. Além da crítica à indução, Kuhn também considera que as teorias científicas separadas por uma revolução científica são incomensuráveis, ou pelo menos, incompatíveis. No entanto, a julgar pelo conteúdo de sua citação, o ponto de vista de Einstein e também o ponto de vista de Popper, que aprova e transcreve a epígrafe constitutiva da citação, são, diferentemente do correspondente ponto de vista de Kuhn, em prol da comensurabilidade.

Mas passemos para um outro tipo de questão, a qual podemos formular da maneira seguinte:

- Até que ponto é possível preservar um desenho racional do mundo e ao mesmo tempo admitir a incomensurabilidade?

Em outras palavras,

- A incomensurabilidade é compatível com a racionalidade?

Trata-se de um questionamento muito difícil. A prudência aconselha a ter cuidado com questões do gênero. Do que foi discutido no curso do presente ensaio até então, é possível concluir que Kuhn considera a passagem que consiste na correspondência ligando a teoria antiga à nova, uma tal bastante forçada pois no processo de passagem “são alterados simultaneamente os elementos estruturais fundamentais que compõem o universo ao qual se aplicam”. O caso da quantidade $m_{\text{Newtoniana}}$, que no quadro referencial da mecânica newtoniana não tem o mesmo significado da quantidade m_0 no quadro conceitual da mecânica relativista, é bastante emblemático dessa alteração de elementos estruturais.

Tendo em vista esse tipo de dificuldade, podemos adotar uma solução intermediária (mas isso não necessariamente significa propor um mescla entre os relatos de Kuhn e Popper) na qual são combinados elementos contínuos (que de alguma maneira justificam o diálogo com a tradição anterior, pois um total rompimento com a tradição

precedente equivaleria a um incessante reinventar de roda) com elementos descontínuos que justificam o próprio processo revolucionário, pois a inexistência deles também não justificaria qualquer revolução.

Embora uma tal combinação de elementos contínuos com elementos de ruptura drástica não constitua coisa simples de ser esquematizada, podemos aduzir alguns exemplos que mostram ser necessário algum corte drástico a fim de que seja realmente caracterizada uma revolução científica. Um dos exemplos favoritos de Kuhn é o da teoria do flogisto. A química anterior a Lavoisier é baseada na teoria do flogisto, enquanto que após Lavoisier o flogisto foi inteiramente abandonado. O abandono do flogisto constitui então um elemento de não-continuidade entre a tradição anterior e a tradição posterior a Lavoisier. A descoberta do oxigênio se dá no contexto dessa nova tradição. A propósito, vejamos uma citação de Kuhn a respeito:

Como dissemos, Lavoisier viu oxigênio onde Priestley vira ar desflogistizado e outros não viram absolutamente nada. Contudo, ao aprender a ver o oxigênio, Lavoisier teve também que modificar sua concepção a respeito de muitas outras substâncias familiares. Por exemplo, teve que ver um mineral composto onde Priestley e seus contemporâneos haviam visto uma terra elementar. Além dessas, houve ainda outras mudanças. Na pior das hipóteses, devido à descoberta do oxigênio, Lavoisier passou a ver a natureza de maneira diferente. Na impossibilidade de recorrermos a essa natureza fixa e hipotética que ele ‘viu de maneira diferente’, o princípio de economia nos instará a dizer que, após ter descoberto o oxigênio, Lavoisier passou a trabalhar em um mundo diferente. (Kuhn, 1975:153)

A citação acima é clara quanto ao aspecto de que não podemos conceber a descoberta de algo sem que haja uma teoria subjacente que nos oriente. Aqui, para os nossos propósitos específicos neste trabalho, o que deve ser enfatizado é o aspecto da ruptura conceitual radical constituída pela rejeição do flogisto a partir de Lavoisier.

Um outro exemplo é o da teoria do calórico. Kuhn garante que a formulação da conservação da energia, em toda a sua generalidade, tal como se deu em meados do século XIX, exigiu a superação e posterior abandono do calórico. Deste modo, o abandono do calórico constituiu um elemento de não-continuidade, ou de ruptura drástica, entre a tradição anterior e a tradição emergente. Vejamos uma citação instrutiva a respeito. Kuhn escreve:

Mesmo uma teoria como a da conservação da energia (que atualmente parece ser uma superestrutura lógica relacionada com a natureza apenas através de teorias independentemente estabelecidas), não se desenvolveu

*historicamente sem a destruição de um paradigma. Ao invés disso, ela emergiu de uma crise na qual um ingrediente essencial foi a incompatibilidade entre a dinâmica newtoniana e algumas conseqüências da teoria calórica formuladas recentemente. **Unicamente após a rejeição da teoria calórica é que a conservação da energia pôde tornar-se parte da ciência.** Somente após ter feito parte da ciência por algum tempo é que pôde adquirir a aparência de uma teoria de um nível logicamente mais elevado, sem conflito com suas predecessoras. É difícil ver como novas teorias poderiam surgir sem essas mudanças destrutivas nas crenças sobre a natureza. Embora a inclusão lógica continue sendo uma concepção admissível da relação existente entre teorias científicas sucessivas, não é plausível do ponto de vista histórico. (Kuhn, 1975:132) [O grifo é nosso].*

A citação acima é estupenda para a análise dos elementos contínuos e descontínuos de um processo revolucionário. Se concebermos a formulação geral da lei da conservação da energia como evento altamente significativo de um processo revolucionário de grau logicamente elevado, é necessário dizer que, enquanto uma teoria que concebe uma quantidade que pode se transformar passando de uma forma para outra de tal maneira que se conserva, é também necessário dizer que uma tal lei engloba de maneira harmoniosa, teorias independentemente estabelecidas, e deste modo, está implicado um forte elo de comensurabilidade entre tais teorias independentemente estabelecidas. Em outras palavras, o conceito de energia e, ainda com maior razão, o conceito de conservação da energia, constituem-se em tais elos que permitem a límpida comunicação entre teorias independentemente estabelecidas. No entanto, Kuhn chama atenção, na citação acima, para o fato de que mesmo neste caso aludido da teoria da conservação da energia, houve a necessidade de se abandonar a teoria do calórico, o que se revela como um enfático elemento de ruptura, posto que a dinâmica newtoniana não se coadunava com a teoria do calórico.

Também entre a termodinâmica calórica e a termodinâmica sucedânea à teoria do calórico há tanto elementos de continuidade quanto, evidentemente, elementos de ruptura. O elemento de ruptura mais evidente é o próprio abandono da teoria do calórico. Mas também há aspectos de continuidade. Como se sabe, o estudo de Carnot (ciclo de Carnot) teve lugar no contexto do quadro referencial da teoria do calórico

Discussão

Analisando o conceito kuhniano de paradigma, em conexão com os seus conceitos de ciência

normal, de ciência extraordinária e de incomensurabilidade, estudamos alguns aspectos do confronto entre o relato de um processo descontínuo de Kuhn com o relato de Popper constituído por um processo evolutivo do tipo darwiniano de conjecturas e refutações, esse último, segundo Lakatos (1979), se assemelhando a uma espécie de “revolução permanente”.

Argumentamos, que ambos os relatos (Kuhn e Popper, 1979) são sobremaneira exagerados. Ambos, somente têm poder explicativo parcial. Não pretendemos aqui propor que o relato mais adequado acerca do desenvolvimento científico seja uma espécie de mescla entre os relatos, respectivamente, de Kuhn e de Popper, mesmo porque centramos a nossa atenção em apenas uma ciência (a física), e ainda assim, com especial ênfase no que diz respeito à dinâmica newtoniana e à teoria da relatividade. O que podemos dizer é que, quanto à comparação entre essas duas teorias, podemos notar tanto a existência de elementos de continuidade quanto a existência de elementos de radical ruptura conceitual (descontinuidade). Argumentamos em prol de um relato para o desenvolvimento científico que necessariamente inclua a *complexidade*, ou seja, um tal que englobe de maneira entrelaçada, dialética e irremovível, tanto elementos de continuidade, que permitam alguma referência à tradição anterior, quanto elementos de descontinuidade, os quais são absolutamente necessários para justificar rupturas que sejam compatíveis com um genuíno processo revolucionário, caso contrário não se poderia jamais falar em revolução, pois nenhuma revolução seria inferida de uma natural e completa continuidade. Há outros aspectos onde essa *complexidade* também se manifesta, mas o estudo delas não será objeto do presente trabalho.

O empreendimento científico é, em larga medida, racional, posto que a racionalidade é uma das características de nossa espécie; no entanto, o empreendimento científico não é inteiramente racional. A ciência incorpora mitos, metafísicas, e não pode se desvencilhar desses. E se pudesse, a ciência se desumanizaria por completo e se desfiguraria. Mas também é conveniente que não se confunda não-racionalidade com irracionalidade em que pese, devido a característica também *demens* de nossa espécie, haver tanta irracionalidade no mundo. O empreendimento científico é extremamente complexo e o próprio conflito entre as nossas propensões sábias com as nossas propensões dementes constitui parte dessa complexidade. A

complexidade é tal que não pode permitir esquematizações rígidas.

No presente estudo, identificamos, ao compararmos a mecânica de Newton com a mecânica relativista, que podemos conceber claros laços de correspondência ligando as duas tradições, mas que também há elementos claramente descontínuos, como por exemplo aqueles consubstanciados pelo fato de na teoria de Newton haver uma clara dicotomia entre os conceitos de massa e de energia, enquanto no quadro referencial da mecânica relativista haver uma clara identidade tal, como a expressa na relação de Einstein, segundo a qual podemos atribuir a uma dada energia uma massa correspondente. E esse é apenas um único exemplo e também um único aspecto dessa malha de complexidade.

Referências bibliográficas

- Kuhn, T.S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1975.
- Masterman, M. A Natureza do paradigma, In: Lakatos, I.; Musgrave, A. (Org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 72-108.
- Feyerabend, P. *Contra o Método*. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977. Consultar no índice remissivo de assuntos o termo incomensurabilidade
- Einstein, A. In: *Conjecturas e Refutações, de K.R. Popper*. Brasília: Ed. UNB, 1982.
- Landau, L.D.; Lifchitz, E. *Théorie du Champ*. 2.ed. Moscou, 1966.
- Bastos Filho, J.B. A unificação de Newton da física de Galileu com a astronomia de Kepler à luz da crítica Popperiana à indução. *Rev. Bras. Ens. Fís.*, 17(3):233-242, 1995.
- Bastos Filho, J.B. Correspondence and Commensurability in Modern Physics (a Study of Compton Effect). In: Selleri, F. (Ed.). *Open Questions in Relativistic Physics*. Montreal: Apeiron, 1998, p. 103-114.
- Lakatos, I. O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. In: Lakatos, I.; Musgrave, A. (Org.). *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 109-243.
- Popper, K.R. A Ciência Normal e seus Perigos. In: Lakatos I.; Musgrave, A. (Org.). *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 63-71.
- Watkins, J. *Contra a "Ciência Normal"*, In: Lakatos, I. ; Musgrave, A. (Org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979. p. 33-48.

Received on May 30, 2000.

Accepted on September 13, 2000.