

Visões do tempo na Física

Visions of time in Physics

Alberto Tufaile



O autor, com a esposa próximo ao Relógio Astronômico de Praga, na república Tcheca, ou “Orloj”, que começou a funcionar em 1410. Outras pessoas estiveram neste local em instantes de tempo diferentes, como Kepler, Kafka, Einstein, Kundera, entre outros.

Além de relógio, ele é um planetário que apresenta o estado atual do universo. Este relógio também sugere alguns nomes para as pessoas que nascem em cada dia do ano. A cada hora cheia, quatro figuras móveis aparecem ao lado do relógio representando a vaidade, a miséria, a morte e os prazeres da vida, além de estátuas dos apóstolos. Durante a existência desta máquina do tempo, ela presenciou primaveras, guerras mundiais, comemorações da virada do milênio e parou de funcionar por várias vezes, mas mesmo assim, o tempo seguiu de modo teimoso para frente.

O nascimento do tempo

O conceito de tempo que temos hoje não é o mesmo de outras culturas. No Egito Antigo, por exemplo, o tempo não pode ficar contido apenas numa caixa e fluindo para a frente. Não temos “um tempo” apenas, mas temos um tempo astronômico associado com o deus sol Rá, o pai do calendário, e também o tempo do início das cheias do rio Nilo, associado com a deusa do ano Sothis (Tufaile, A. & Tufaile, A.P.B., no prelo). Mais do que a passagem do tempo, os egípcios percebem uma necessidade do movimento dos astros ou afazeres diários num estado de ordem, beleza e justiça, cujo nome é “Maat” e é simbolizada por uma pena.

Nossa concepção de tempo começa com a personalização do tempo, através do deus grego “Crono”, culminando com a nossa capacidade de substancializar o tempo, transformando-o num parâmetro que pode ser medido. Em outras civilizações, encontramos não o tempo como conhecemos, como um ponteiro girando continuamente, mas uma mudança do estado das coisas que nos cercam, como estações do ano, as fases da lua, os movimentos astronômicos, alternância do dia e da noite e assim por diante.

Da mesma forma, não tínhamos uma ciência conhecida como Física em outras culturas; ela nasce na classificação do conhecimento humano por Aristóteles, quando ele classifica as coisas da natureza com a palavra grega para Natural que conhecemos como “Física”. Outras coisas, que não se encaixaram na sua classificação do conhecimento, e que ficaram depois da Física, foram chamadas de “Metafísica”, aquilo que está além da Física, assuntos relacionados com a Filosofia.

Segundo o filósofo Santo Agostinho, ele conseguia saber o que era o tempo até o momento que lhe perguntassem o que era o tempo. Desse modo, encontraremos pessoas estudando o tempo tanto na Física, quanto na Metafísica.

A visão da maioria das pessoas hoje sobre o tempo

A visão do tempo que a maioria das pessoas possui hoje sobre o tempo foi sintetizada por Isaac Newton. Nesta visão, o tempo existe de forma absoluta, sempre existiu e sempre existirá, independentemente das coisas que nos cercam ou do espaço que contém estas coisas, fluindo continuamente, com atributos próprios de uma divindade. Se tudo desaparecesse, o tempo continuaria existindo. Esta é a visão da Física Clássica e, de certa forma, esta é a visão que a maioria das pessoas possui do tempo. Existe apenas uma diferença entre esta visão da maioria das pessoas e a Mecânica newtoniana. Enquanto nós percebemos o tempo fluindo do passado para o futuro, a Física Clássica não atribui uma direção para o tempo. Se imaginarmos duas bolas de bilhar se chocando e representarmos este choque por equações, não encontraremos uma flecha do tempo atrelada a elas, ou qualquer tipo de orientação temporal. Estas equações funcionam da mesma forma com o tempo fluindo tanto para a frente, quanto para atrás. Claramente existe um conflito entre a nossa percepção do tempo e a visão da Física Clássica. Apesar de isso soar estranho, nós não confiamos de modo cego na nossa percepção do tempo. Dependendo do nosso estado de espírito, o tempo pode aparentemente passar rápido ou devagar. Este é um dos motivos que levou nossa sociedade a construir instrumentos para medir o tempo, que chamamos de relógios. Talvez, se olharmos como medimos o tempo, entenderemos quais são os seus segredos.

Relógios

De certo modo, um relógio mostra a nossa vontade de acomodar o tempo dentro de uma caixa. Podemos falar do tempo quando tentamos medi-lo.

Todo o relógio está baseado na contagem de algum mecanismo cíclico, como as oscilações de um pêndulo simples, ou as oscilações de um átomo. A crença de que alguns fenômenos possam se repetir de modo idêntico nos dá a sensação de tocar nesta “substância” que flui chamada tempo. Ciclos naturais como a alternância entre o dia e noite, fases da lua, posição do sol no céu são exemplos de fenômenos que se repetem. Eles funcionam como divisões de uma régua temporal, instrumentos que captam a passagem do tempo. Contudo, na natureza, é muito difícil de encontrarmos mecanismos que se repitam de forma idêntica, em sequência e de forma ininterrupta. Por exemplo, um dia não tem exatamente a mesma duração do dia anterior, as noites não são sempre idênticas, as auroras e os crepúsculos não ocorrem invariavelmente no mesmo horário. Esta necessidade de regularidade na medida do tempo é um dos motivos que nos leva ao desenvolvimento de relógios cada vez mais precisos. Com o avanço da ciência, procuramos por métodos cada vez mais reproduzíveis. Por exemplo, um segundo é definido como um pouco mais de 9 bilhões de pulsações de um átomo de césio que foi colocado num estado excitado e passa para o estado fundamental, mas, no passado, a definição oficial de segundo era baseada numa pequena fração do dia solar de 24 horas (Nussenzweig, 1981).

A definição do segundo saiu do movimento do sistema solar e entrou nas oscilações do átomo de césio. Desse modo, pensando no tempo através do funcionamento dos relógios, inferimos o tempo a partir do movimento ou das oscilações das coisas que encontramos na natureza, mas não temos o tempo em si, como algo isolado de todas as coisas. A Física atual não considera a visão da Física Clássica como a mais correta sobre o tempo. As revoluções trazidas pela teoria da relatividade e pela teoria quântica afetaram a visão da Física sobre o tempo.

Relatividade e tempo

A visão do tempo absoluto na Física desaparece quando olhamos para a teoria da relatividade de Einstein (SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL, 2004). A visão inovadora que Einstein coloca sobre o universo é que o tempo e o espaço são dois lados da mesma moeda.

Esta concepção, elegantemente introduzida por Einstein e suas equações, lança as bases da conexão entre energia e massa, explica que o campo magnético é uma manifestação relativística do campo elétrico de partículas carregadas em movimento e afirma que o tempo e o espaço não são independentes e absolutos, mas que a velocidade da luz é a mesma em todos os referenciais inerciais (referenciais que se movem com velocidade constante). Apesar de parecer extremamente abstrata, esta revolução nasce parcialmente da necessidade prática de sincronização de relógios presentes em cidades e linhas de trens conectando estas cidades. Para os meios de transporte, é importante saber a hora de sair e a hora de chegar. Como definir corretamente o “agora” num trajeto de um avião ligando São Paulo até Tóquio? Nós sabemos que, quando o tempo presente na cidade de São Paulo afirma que são oito horas da manhã, temos simultaneamente oito horas da noite em Tóquio. Conhecendo a distância que o avião percorreu, podemos calcular o tempo no avião, utilizando apenas a Física Clássica. Einstein percebeu que, para objetos com velocidades próximas as da velocidade da luz, a Física Clássica falha quando tenta sincronizar os relógios e desenvolveu a teoria da relatividade especial em 1905. Assim, o que temos que considerar é um espaço-tempo quadridimensional, com três dimensões de espaço entrelaçadas com uma dimensão de tempo. Isso se torna mais evidente quando os fenômenos envolvidos se aproximam da velocidade da luz, ou quando se usa relógios atômicos. Einstein coloca que, no nosso referencial, temos algo chamado “tempo próprio”, mas um observador num outro referencial pode ver nosso espaço se contraindo e nosso movimento em câmera lenta, um tempo diferente do que estamos percebendo. Isso afetaria relações de simultaneidade, percebido principalmente na sincronização de relógios. Causas e efeitos podem nos dar uma ideia da passagem do tempo, através da visão apresentada pela Termodinâmica, o que nos leva à visão do fluxo do tempo.

O tempo passa?

Tanto na Física newtoniana quanto na Física de Einstein, estas relações de causa e efeito de certa forma orientam a nossa visão da passagem do tempo, com as causas normalmente precedendo os efeitos.

O impacto de um martelo num ovo é uma causa que tem como efeito arremessar partes do ovo para todos os lados. Ninguém questiona isso, é algo evidente.

Se mostrarmos um filme no qual algo amorfo se concentra e se transforma num ovo e, na sequência, um martelo decola desta mesma posição, muitas pessoas dirão que o filme está na ordem reversa, pois as relações de causa e efeito estão invertidas. O que chamamos de passagem do tempo é, na verdade, a observação de uma sequência de eventos que possuem certa orientação. Para o problema “martelo-no-ovo” ou uma taça de vinho caindo, podemos observar uma irreversibilidade explicitamente. Isto levanta a questão: como conciliar a Mecânica newtoniana que é reversível com fenômenos que observamos rotineiramente, na qual existe uma orientação temporal? Este tempo que flui para a frente, acontece quando observamos os gases, no funcionamento de motores a combustão ou em geladeiras, nas trocas energéticas e de matéria em uma célula. A resposta para a questão só é possível indo além da Mecânica Clássica, ao olharmos para a Termodinâmica. A Termodinâmica explica os fenômenos envolvidos através de leis ou postulados, nos quais as coisas num sistema fechado ocorrem numa sequência. Nesta sequência, uma quantidade chamada “entropia” deve aumentar ou pelo menos se conservar, enquanto que uma quantidade chamada energia sempre se conserva. Algumas pessoas associam o conceito de entropia com desordem, mas isso está errado, pois algumas vezes o aumento da entropia pode levar a estados aparentemente mais ordenados e poderíamos ficar tentados a dizer que o tempo foi na direção errada, mesmo com a entropia aumentando, como no caso da luz de um raio laser, que é mais “ordenada” que a fonte de luz que a criou. Além de olhar o tempo sob a perspectiva da Termodinâmica, é interessante citar outra visão do tempo na Física, a visão da teoria quântica.

O tempo na Física quântica

Uma coisa que podemos afirmar sobre a Física quântica é que ela é estranha e desafia o senso comum. Por exemplo, enquanto nosso senso comum coloca apenas um tempo, a Física quântica traz a visão de múltiplos tempos ocorrendo simultaneamente (Nahin, 1993).

Para exemplificar esta visão do tempo, vamos utilizar o exemplo criado por Erwin Schrödinger, conhecido como o “gato de Schrödinger”. Imagine uma amostra de material radioativo que evolui segundo as leis da Física quântica, esta amostra ativará um dispositivo dentro de uma caixa que vai liberar um gás venenoso que mataria um gato preso dentro desta caixa. Uma pessoa observando a caixa hermeticamente fechada precisa responder se o gato está vivo ou morto na medida em que o tempo passa. Existe uma probabilidade de decaimento da amostra controlada pelas leis da Física quântica e o senso comum nos leva a dizer que o gato está vivo “ou” morto. Contudo, a Física quântica afirma que o gato está num estado “emaranhado”, no qual o gato se encontra vivo “e” morto simultaneamente. Este estado bizarro apresenta duas situações onde temos o gato vivo, paralelamente ao mesmo gato morto! Quando o observador abre a caixa, este estado emaranhado colapsa no estado observado. Esta é a interpretação dos mundos múltiplos da Física quântica. Antes de um observador abrir a caixa, podemos imaginar a coexistência de dois tempos em paralelo, um com o gato inocentemente vivo e outro com o gato tragicamente morto. Se esta visão lhe parecer estranha não se preocupe, alguns físicos afirmam que se você não achar a Física quântica estranha, significa que você não a entendeu.

Comentários finais

De um modo extremamente simplificado, podemos considerar o universo como um teatro. Os personagens neste teatro são energia e a matéria, enquanto que o palco e o cenário são constituídos pelo espaço e o tempo. As leis da Física são uma forma de tentar entender a trama. Aqui apresentei de um modo extremamente resumido algumas das visões da Física sobre o papel desempenhado pelo tempo. Inevitavelmente, estas visões acabam se entrelaçando com outros conceitos dentro da Física. Estas visões do tempo, que pode ser medido objetivamente com um relógio utilizando a Física newtoniana, são aplicadas em nosso cotidiano, por exemplo, a relatividade de Einstein é usada em sistemas de posicionamento global (na sigla em inglês GPS) e na geração de energia num reator nuclear. Também utilizamos a Termodinâmica nas máquinas térmicas e na descoberta de novos medicamentos. A teoria quântica quase se confunde com as novas tecnologias, e ainda promete causar espanto com coisas como a

computação quântica. Além desta gama de aplicações, estas visões nos dão alguma esperança de entender como este espetáculo da existência está acontecendo.

Referências

Nahin, P.J. (1993). *Time Machines, Time travel in Physics, Metaphysics and Science Fiction*. New York (EUA): American Institute of Physics.

Nussenzweig, H.M. (1981). *Curso de Física Básica, 1-Mecânica*. São Paulo (SP): Ed. Edgard Blücher.

Tufaile, A. & Tufaile, A.P.B. (no prelo). *Da Física do Faraó ao Fóton, Percepções, Experimentos e Demonstrações de Física*. São Paulo (SP): Ed. Livraria da Física.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. (2004, outubro). (Vários autores). *Einstein e o Futuro*. Centenário dos artigos que revolucionaram a Física. (Ano 3, n.º 29, edição especial). São Paulo (SP): Ediouro-Duetto.

Recebido em 01/12/2012

Aceito em 20/12/2012

Prof. Dr. Alberto Tufaile - Escola de Artes Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo.