

Leis & Teorias

Histórias para explicar o mundo

*"Havia uma Porta cuja chave não encontrei
Havia um Véu através do qual não pude ver."*

Ommar Khayyam, *Rubayat*

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO

Convênio

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq
Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
Escola de Comunicação – ECO

Relatório final da disciplina *Explicação e Análise na Ciência*

por

ISA MARIA FREIRE
Aluna do Doutorado em Ciência da Informação

Semestre 95.1

Agradeço à Professora PhD Gilda Maria Braga,
responsável pela disciplina *Explicação e Análise na Ciência*,
a oportunidade de escrever este trabalho.

SUMÁRIO

Introdução

1. Os mitos expressam padrões
2. As leis descrevem regularidades
3. As teorias explicam o mundo

Posfácio

Bibliografia

Introdução

O presente texto constitui o relatório final do trabalho desenvolvido no âmbito da disciplina *Explicação e Análise na Ciência*, que há três anos instiga e desafia os alunos do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, sob a orientação da professora PhD Gilda Maria Braga.

Um número primo de sete alunos compartilhou dessa experiência. Exercícios foram elaborados e os projetos começaram a se pôr em caminho (numa clara alusão ao método científico como um caminho de conhecimento). Leituras e discussões, ânimo e desânimo acompanharam esse trajeto. O objetivo final: lançar uma rede, com as finas malhas almeçadas por Popper para a teoria, onde tudo pudesse fazer sentido e fazer ciência.

Como uma unidade numérica divisível apenas por ela mesma, esse conjunto de alunos trabalhou temas específicos e relevantes na área da metodologia da ciência: causalidade, explicação, indução, incerteza, modelo, predição, verdade & validade, e leis & teorias, (este último, objeto deste relatório).

E, se é verdade que tudo está ligado a tudo, esses temas estão firmemente unidos pelo que representam na perspectiva da evolução histórica e ontológica da humanidade: fazem parte de um modo recente mas extremamente produtivo de explicar o mundo e explorar a natureza, qual seja a atividade científica.

Nessa perspectiva, *Leis & Teorias* são formas de descrever e explicar o mundo. Sua origem se perde na origem da própria humanidade, e sua expressão científica representa um conjunto de enunciados mais aproximados dos processos reais do que aqueles descritos pela narrativa mítica. Onde o interesse por adotar, neste texto, uma abordagem da metodologia da ciência enquanto processo recente de organizar a atividade imemorial da curiosidade humana e de sua busca de sentido para a vida.

Este texto, portanto, se insere na tradição humana de contar histórias sobre o mundo e propor explicações, como fazem os xamãs e os cientistas, tal como abordada nas ciências sociais. A idéia de assim fazê-lo emergiu em uma das aulas do semestre, e para realizá-la foram extremamente importantes as leituras de Bunge (1974 e 1987) e Barrow.

"Gregory Bateson será considerado um dos pensadores mais influentes de nossa época por historiadores futuros. A singularidade de seu pensamento decorre de sua amplitude

e generalidade. Numa época caracterizada pela fragmentação e pela especialização, Bateson desafiou os pressupostos básicos e os métodos das várias ciências ao buscar os padrões que se articulam por trás dos padrões e os processos subjacentes às estruturas. Ele declarou que a relação deveria ser a base para toda definição, e sua meta principal seria a de descobrir os princípios de organização em todos os fenômenos que observava, 'o padrão que une', como ele diria." Fritjof Capra

Os mitos expressam padrões

Dois milênios de realizações humanas revelam o valor do quanto foi conquistado ao longo dos últimos três séculos, desde que Newton deu início à descrição matemática da natureza. Barrow assim se expressa, sobre a descoberta de um mundo curiosamente adaptado a uma descrição matemática simples: "já é bastante enigmático que o mundo seja descrito pela matemática; mas que possa sê-lo por matemática *simples*, do tipo que podemos dominar em alguns anos de estudo árduo, isto é um mistério dentro de um enigma".

A surpresa se justifica na medida em que cada indivíduo, isoladamente, tem a arraigada sensação de que a constituição humana e seu passado evolutivo acidental impõem limites reais aos conceitos que os seres humanos são capazes de produzir, em sua interação com o mundo. Barrow se pergunta por que teriam os processos cognitivos humanos se ajustado a uma busca tão extravagante como a da compreensão da totalidade do universo: "Por que logo *nós* ?"

A vivência histórica da representação simbólica se inicia com a narrativa dos mitos mais antigos da humanidade, especialmente os "mitos de origem". É nesse passado longínquo que se pode encontrar uma base para a busca do que, atualmente, na ciência se denomina Teoria Geral Unificada. Uma leitura das antigas narrativas míticas de origem do mundo e da condição de seus habitantes, deixa a impressão da existência de uma "Teoria de Tudo". Nas palavras de Barrow, "ali tudo é completude, confiança e certeza. Há um lugar para tudo e tudo está no seu lugar. Nada acontece por acaso. Não há lacunas nem incertezas. Nenhum lugar para o progresso; nenhum lugar para a dúvida. Todas as coisas estão entremeadas numa tapeçaria de significado, esticada pelas cordas da certeza".

Isso ocorre por ser o mito uma história investida de um sentido. A mensagem contida na narrativa transcende o veículo ingênuo da história e permite ao ouvinte compreender porque as coisas são como são. Estudando, hoje, os mitos de uma cultura particular, entretanto, não se aprende nada de excepcionalmente interessante sobre a origem do universo ou da humanidade, como acontecia com seus ouvintes originais. Em vez disso, percebe-se como as narrativas definem as fronteiras da imaginação de seus autores. Os mitos revelam em que coisas estes pensavam, até onde as acompanhavam,

quais delas lhes pareciam importantes o suficiente para merecer explicação e até que ponto concebiam o mundo como uma unidade.

Mas as tentativas atuais de explicar todas as coisas no âmbito de um quadro científico abrangente, como uma Teoria Geral Unificada, são diferentes das antigas explicações especulativas contidas nos mitos. Para os sábios antigos, era apenas a amplitude que constituía a marca da qualidade de suas "Teorias de Tudo"; para os sábios contemporâneos, contam a amplitude e a profundidade. A profundidade da teoria científica será dada por sua capacidade de fornecer explicação para um amplo espectro de coisas, com uma contribuição mínima dos pressupostos adotados para a conclusão; a profundidade de uma consequência específica pode ser caracterizada pelo esforço despendido para estabelecer a cadeia de raciocínio lógico mais curta entre os pressupostos e a conclusão.

"Os mitos são formas antiquíssimas de ciência."

C.G. Jung

Estando tão habituados a mitos e explicações científicas para tudo à sua volta, os habitantes do mundo contemporâneo têm dificuldade para se colocarem na disposição mental pré-histórica anterior à existência de quaisquer abstrações. Nesse estágio primitivo, "é em grande parte um ato de fé buscar qualquer paralelo entre nossos pensamentos e o modo como as coisas são no mundo externo" (Barrow). A narrativa mítica expressa essa crença no sentido e na unidade do mundo.

No entender de eminentes pesquisadores da mitologia, o mito se expressa como metáfora da alma humana, sendo produzido a partir de sensações biológicas e dos padrões de organização da cultura de um povo em um dado meio ambiente. Nas palavras de Campbell, *apud* Freire, "como os sonhos, os mitos são produtos da imaginação humana. Suas imagens, em consequência, embora oriundas do mundo material e de sua suposta história, são, como os sonhos, revelações das mais profundas esperanças, desejos e temores, potencialidades e conflitos da vontade humana — que por sua vez é movida pelas energias dos órgãos do corpo que funcionam de maneiras variadas uns contra os outros, e em concerto. Ou seja, todo mito, intencionalmente ou não, é psicologicamente (grifo do autor) simbólico. Suas narrativas e imagens devem ser entendidas, portanto, não literalmente, mas como metáforas".

O mito é uma fala, como bem o coloca Barthes, mas não é uma fala qualquer. Sendo um sistema de comunicação de mensagens, o mito é um modo de significação, uma forma do universo semiológico que a realidade de cada cultura constrói a partir da interação dos homens com o mundo. E qual seria a função específica do mito? Para Barthes, é a de transformar um sentido em forma, sendo simultaneamente sentido, pleno de um lado e vazio do outro — um sistema semiológico inserido no sistema mais amplo das formas e significados vigentes numa dada cultura. Por isso mesmo, as formas míticas participam da dinâmica cultural dos povos que as produzem mantendo, contudo, inalterados seus conteúdos ou significados.

Mas, é nesse sentido que Lévi-Strauss indaga: se o conteúdo do mito é inteiramente contingente a uma dada cultura, como compreender que, de um canto a outro da terra, os conteúdos se assemelhem tanto? Sua resposta, é que, definindo-se como um sistema temporal que combina as propriedades da língua e da palavra, formando uma estrutura permanente, o mito oferece uma originalidade única em relação a todos os outros fatos linguísticos. Para ele, o mito seria, então, uma modalidade de discurso na qual a fórmula *traduttore, traditore* tenderia a zero: a despeito da pior tradução seu valor como mito persiste, uma vez que sua substância não se encontra nem no estilo, nem no modo de narração, nem na sintaxe, mas na história (grifo do autor) que é relatada. O conteúdo da metáfora transcende, pois, a sua forma.

Definindo mito, Eliade reconhece sua complexidade própria no âmbito da produção cultural dos homens. Numa perspectiva ampla, ele define o mito como a narrativa de uma história sagrada, que "relata um acontecimento ocorrido no tempo primordial, o tempo fabuloso do 'princípio'. ... É sempre, portanto, a narrativa de uma 'criação': ele relata de que modo algo foi produzido e começou a ser" (grifo do autor). Os mitos narram, pois, a origem de todos os acontecimentos primordiais em consequência dos quais o homem se converteu no que é hoje — um ser mortal, sexuado, organizado em sociedade, obrigado a trabalhar para viver e trabalhando de acordo com determinadas regras e que "sabe" dever sua existência, e a do mundo, à ação criadora de entidades sobrenaturais em um tempo originário.

A cosmologia antiga, narrada pelos mitos, não era científica, pois sua razão de ser não era nem explicar observações nem fazer previsões, tal como postulado pela ciência. Era, antes, tecer uma tapeçaria de significação (de símbolos), em que seus autores pudessem se representar e com relação à qual pudessem avaliar a condição do desconhecido e do misterioso. A partir dessa tessitura de significados, a organização de sua sociedade local poderia ser justificada e reforçada, de modo a se tornar compatível com a história da origem e da formação do mundo.

É preciso reconhecer que, no tocante à unidade e à coerência, a explicação mítica nos leva muito mais longe que a explicação científica. Pois a ciência não busca, como seu objetivo básico, uma explicação completa e definitiva do universo... Satisfaz-se com respostas parciais e condicionais. Os demais sistemas de explicação, sejam mágicos, míticos ou religiosos, incluem tudo. Aplicam-se a todos os domínios. Respondem a todas as questões. Explicam a origem, o presente e até a evolução futura do universo. François Jacob, apud Barrow

A crença primitiva na ordem e na sequência de causa e efeito que os mitos revelam, é coerente com a convicção de que é necessário ter alguma razão para a existência de tudo — uma razão que mostre o devido respeito pelas forças naturais que têm a vida e a morte em suas mãos. Entretanto, um exame dos mitos conhecidos sobre a origem do universo mostraria um número surpreendentemente pequeno de noções cosmogônicas comuns, que constituiriam as "imagens [padrões] primordiais" que Jung

denominou "arquétipos" (*apud* Jacobi). Os padrões universais expressos pelos mitos são, pois, limitados, mas sua forma de expressão é extremamente diversificada.

Nas palavras de Barrow:

"Muitas vezes uma história se contenta em explicar o mundo ordenado que hoje vemos. A idéia de explicar algum estado preexistente a partir do qual o mundo foi formado dificilmente aparece, ou, então, o beco sem saída a que levaria é reconhecido. Ocasionalmente, encontramos o cultivo da noção de um padrão cíclico de história, sugerido pelas periodicidades diurnas e sazonais do mundo natural ou, mais ousadamente, a idéia de um mundo que não teve começo. Em outras partes, encontramos a curiosa noção de que o mundo nasceu de um "ovo cósmico", ou foi o fruto da união de dois mundos-pais. Na mesma linha, encontramos um conjunto de tradições em que o mundo emerge de um ventre primevo, ou é pescado das águas primordiais do caos por um mergulhador heróico. Finalmente, há um padrão mitológico que tece detalhes em torno do tema de uma figura titânica, envolvida numa batalha cataclísmica contra as forças adversárias do caos e das trevas. Da vitória heróica da luz sobre as trevas teria nascido o nosso cosmo".

Como se pode observar, todas essas fórmulas para lidar com a existência do mundo contentam-se em estabelecer uma causa inicial, além da qual não serão buscadas explicações. Entretanto, a causa parece sempre ser simples, na medida em que é singular, ao passo que o mundo da experiência é atordoantemente plural.

Essas especulações mitológicas diferem das tentativas científicas de abordar a origem das coisas, porque vêm um propósito final como parte da motivação ou do modo inicial da criação. Têm, contudo, um aspecto em comum com os esforços empreendidos pela ciência para compreender o universo: todas começam como uma tentativa de explicar o mundo e descobrem que essa busca conduz a uma questão última: como o universo se originou? A tradição e a ciência, com seus métodos específicos, oferecem respostas a essa questão, explicando as leis básicas de interação das forças que mantêm o universo através de um conjunto de narrativas míticas, ou de teorias.

Segundo [a concepção contemporânea de lei natural] as leis não existem separadamente das coisas, mas são o modo constante (pauta) de ser e devir das coisas em si mesmas.

Portanto, as leis não são causas e não têm efeitos. No máximo se poderá dizer, numa primeira aproximação, que existem leis causais que relacionam causas a efeitos."

Bunge, *Epistemologia: Curso de atualização*

As leis descrevem regularidades

A meta da ciência é entender a diversidade da natureza. Ela não se fundamenta unicamente na observação, mas emprega a observação para colher informações sobre o mundo e testar previsões sobre o modo como este reagirá a novas circunstâncias. É entre esses dois procedimentos que reside o cerne do processo de conhecimento científico. Trata-se, dito de uma forma simples, da transformação de uma lista de dados concernentes a uma observação numa matriz abreviada, por meio da identificação de padrões. Tal identificação permite que a informação contida nas sequências de eventos observadas seja substituída por uma fórmula simples que possui o mesmo, ou quase o mesmo, conteúdo informacional.

À medida que o método científico amadureceu, os cientistas observaram tipos mais sofisticados de padrão, novas formas de simetria e novos tipos de algoritmos capazes de condensar, miraculosamente, enormes quantidades de dados de observação em fórmulas compactas. E já nos primórdios da atividade científica, Newton descobriu que toda informação que lhe seria possível registrar sobre o movimento dos corpos no céu ou na Terra poderia ser sintetizada nas regras simples a que chamou de as "três leis de movimento", juntamente com sua lei da gravitação.

É nessa perspectiva que Barrow define a ciência como "a busca de compressões algorítmicas". No processo de produção científica são elaboradas listas com sequências de dados observados, tentando-se formular algoritmos que representem compactamente o conteúdo informacional dessas sequências. A correlação das abreviações hipotéticas são, então, testadas, utilizando-se suas formulações para prever os termos seguintes da série. A ciência parece, assim, se fundar na crença de que o universo é algorítmicamente compressível, podendo ser descrito através de um conjunto de representações lógicas, passível de ser escrito numa forma finita por seres humanos.

A mais antiga dessas noções sobre esse algoritmo é a de leis da natureza, o conjunto de descrições abreviadas das regularidades observadas no mundo.

Certamente, nos primórdios da humanidade, sociedades e grupos primitivos devem ter se impressionado mais com as irregularidades na natureza, com as catástrofes, pragas e doenças; com o tempo, porém, a ênfase se deslocou para as regularidades do ambiente e os meios através dos quais poderiam ser mais vantajosamente exploradas. Da confusão dos fenômenos naturais incongruentes, começou a emergir um sentido: as irregularidades tornaram-se exceções, não mais concepções do estado natural do mundo. Percebeu-se que algum grau de organização devia estar oculto sob as facetas desordenadas do mundo, assim como estava subjacente aos resultados das intervenções do homem na natureza. Desde então, visões

sociais e religiosas influenciaram as idéias sobre a organização do mundo e as muitas descrições das regularidades naturais estão em busca da unidade do mundo.

Diferentes culturas foram influenciadas de várias formas pela herança religiosa na sua busca de uma representação satisfatória das leis naturais. No Ocidente judaico-cristão, a influência do legislador divino predominou e as leis da natureza representam a ordem de um Deus transcendente. Essas culturas sacralizam a fé na existência de uma organização subjacente às coisas, proscovem os deuses da natureza e os conflitos potenciais de uma legislação polígama do universo, e autorizam a investigação da natureza como atividade secular. Já no Extremo Oriente, em culturas como a dos chineses antigos, dominava uma visão de estilo mais liberal, em que a natureza operava holisticamente para produzir um equilíbrio harmonioso, cada ingrediente interagindo com seus pares para produzir um todo que é mais que a soma de suas partes.

A perspectiva ocidental concebeu, assim, a natureza como um fenômeno linear, em que aquilo que acontece num dado lugar e tempo é determinado exclusivamente pelo que ocorreu em lugares próximos, imediatamente antes. A visão holística dominante no Oriente, por sua vez, considera a natureza intrinsecamente não-linear, de tal modo que influências não-locais predominam e interagem umas com as outras para formar um todo complexo. Mas para ter êxito, o estudo das leis naturais precisa partir dos problemas lineares simples — só assim o conhecimento dos fenômenos do mundo pode avançar gradativamente até as complexidades holísticas da não-linearidade. Nesse contexto sócio-cultural, a base monoteísta do conceito de leis universais da natureza contém um elemento de verdade porque a ciência moderna é algo que tomou forma após os eventos mais remotos que formam a história religiosa do Ocidente.

As tradições monoteístas do Ocidente reforçam a suposição de que o universo é uma unidade, não estando submetido a diferentes legislações em diferentes lugares, e tampouco sendo o resquício de algum embate de Titãs que lutaram para impor à natureza das coisas suas vontades arbitrárias. Essa tradição religiosa fornece também o pressuposto de que a natureza e as coisas são governadas por uma lógica cuja existência independe delas mesmas, e de que suas leis são impostas de fora, como decretos de um legislador divino transcendente.

Entretanto, o mundo real é incomensuravelmente mais complicado: é uma meada de muitos fios, atados e emaranhados entre si, cujo início está fora de alcance e cujo fim não parece ser dado à humanidade conhecer...

"Quanto mais o homem investiga as leis que regulam o universo material, mais se convence de que todas as suas variadas formas surgem da ação de uns poucos princípios simples. Esses princípios convergem eles próprios, aceleradamente, para uma lei ainda mais abrangente a que toda matéria parece estar submetida." Babbage, apud Barrow

A representação e interpretação do mundo físico ampliou-se tão rapidamente durante o corrente século, que é necessário fazer certo esforço para se colocar na pele de um cientista de séculos passados. Para Newton, p.ex., não havia classificação das diferentes forças da natureza: a radiatividade e as forças nucleares eram desconhecidas, a eletricidade e o magnetismo era fenômenos supostamente distintos. Newton simplificou a apreensão do mundo explicando todos os fenômenos gravitacionais com um esquema simples, em que atribuía os efeitos observados à ação de uma única força atrativa que atuava entre todos os corpos massivos. Mas sabia que havia áreas ainda envoltas em mistério, e conjecturou que devia haver forças da natureza — "atrações muito fortes" — que mantinham os corpos materiais unidos, não podendo, contudo, levar essa intuição mais adiante.

Já em 1763, Roger Boscovich pretendeu ampliar o quadro geral da natureza proposto por Newton de diversas e importantes maneiras. Em particular, buscou "derivar todos os fenômenos físicos observados de uma única lei" (*apud* Barrow). Ao fazê-lo, introduziu vários conceitos que ainda hoje fazem parte da intuição dos cientistas. Enfatizou a noção atomística de que a natureza se compõe de partículas elementares idênticas e, a partir disso, procurou mostrar que a existência de objetos maiores com tamanhos finitos era uma consequência do modo como seus constituintes elementares interagem entre si; as estruturas resultantes eram estados de equilíbrio entre forças opostas de atração e repulsão. Ele percebeu que a lei da gravitação de Newton, a do inverso do quadrado, por si só era insuficiente para explicar a existência de estruturas com tamanhos específicos, porque não dotava a gravidade de nenhuma escala característica de comprimento em que seus efeitos se manifestassem especialmente.

Boscovich propôs uma grande lei unificada das forças, que incluía todos os efeitos físicos conhecidos. A grandes distâncias ela coincidia com a lei newtoniana da gravitação do inverso do quadrado; em menores escalas de comprimento, porém, é alternadamente atrativa e repulsiva, dando assim origem a estruturas de equilíbrio cujos tamanhos são ditados pelas escalas de comprimento características introduzidas na lei das forças. A partir dessa perspectiva, introduziu a idéia de expressar sua lei como uma série convergente de termos matemáticos em potências do inverso da distância: cada uma é menor que a precedente, mas quanto mais essa soma se estende melhor se torna sua aproximação à verdadeira lei das forças. Uma série de imagens de fractais, essas invariâncias observadas na pesquisa contemporânea sobre os processos caóticos na natureza, poderia ilustrar a proposição de Boscovich — um padrão se repete, indefinidamente, obrigando os cientistas a buscar o conjunto de descrições, ou leis, que descreva a dinâmica da natureza e sua harmonia implícita.

Para os gregos antigos, as leis mais perfeitas da natureza eram suas harmonias estáticas. Nos últimos duzentos anos, contudo, o conceito de lei da natureza passou a significar muito mais um conjunto de regras que descrevem a dinâmica do mundo, como as coisas mudam no espaço e no tempo. E, pois, conhecendo o estado de um sistema aqui e agora, é possível buscar um esquema conceitual que permita prever seu estado em tempos futuros e em outros lugares. Curiosamente, essas leis da mudança podem sempre ser reformuladas em afirmações completamente equivalentes que asseguram que algo não deve mudar: essas quantidades que não mudam são conhecidas como *invariâncias*. Há, na mudança, padrões que permanecem inalterados.

Assim, todas as leis físicas mais básicas que a ciência propõe correspondem a alguma invariância, que por sua vez é equivalente a um conjunto de transformações que

formam um grupo de simetria. O grupo de simetria descreve todas as variações que podem ser formadas a partir de um padrão germinal inicial, deixando ao mesmo tempo inalterado algum tema subjacente.

O fato de as leis da mudança poderem ser representadas como invariâncias do mundo sob todas as transformações possíveis com relação a um padrão inato particular, encontrou eco nas expectativas dos cientistas com relação à presença de simetria e harmonia na natureza; a simetria tornou-se o tema dominante na ciência contemporânea e a cidadela da simetria é o mundo invisível das coisas menores. É nessa perspectiva, que cada uma das quatro forças da natureza é descrita com precisão por uma teoria que decorre da pressuposição de uma invariância particular sob todas as mudanças possíveis. A busca de unificação do conjunto de leis da natureza, se dá pela tentativa de concatenar os diferentes padrões preservados pelas várias forças da natureza em um único Padrão Unificado.

As leis da natureza, então, não apenas descrevem regularidades mas dizem, também, como as coisas mudam. No entanto, por trás delas ocultam-se invariâncias que aprisionam a realidade: a natureza pode fazer o que bem entender, desde que essas quantidades encantadas permaneçam as mesmas através da transformação. A unidade lógica do universo exige, pois, uma invariância única que permaneça inalterada em face de toda a complexidade e transitoriedade que vemos à nossa volta, desde a menor das escalas subatômicas até os mais remotos confins do espaço cósmico.

A atitude dos cientistas com relação às leis da natureza e à sua codificação final numa "Teoria de Tudo", possivelmente única e autoconsistente, reflete a busca de uma simetria definitiva do mundo, de uma camisa-de-força da qual decorreriam todas as leis causais reconhecidas que governam as forças e partículas da natureza.

As leis formuladas pela ciência representam uma espécie de generalização que permite aos cientistas descrever as seqüências de fatos considerados significativos que ocorrem no mundo. Segundo Kaplan, de um ponto de vista instrumental as leis têm como papel no processo científico (a) identificar os elementos que se mantêm, ou se repetem, no fluxo da experiência; (b) elaborar pressupostos, a partir de dados e de generalizações, estabelecidos, que são transportados para um campo ou situação problemática; (c) propor hipóteses de trabalho que possam orientar as atividades de pesquisa. Em suas palavras, "quando a hipótese a verificar é comprovada, diz-se que ela constitui um *fato* ou uma *lei*, conforme seja particular ou geral o seu conteúdo".

Contudo, para a ciência nem todo enunciado universal pode ser proposto como uma "lei geral". São requisitos exigidos por Nagel e Hempel (*apud* Kaplan): (a) que a generalização seja verdadeiramente universal, sem subordinação a espaço ou tempo, exprimindo o que ocorre sempre e em qualquer lugar, bastando apenas que estejam satisfeitas as condições adequadas; (b) que a afirmação não seja considerada verdadeira apenas porque nada satisfaz às condições enunciadas; (c) que a evidência para a generalização não coincida com o alcance de sua aplicação; (d) que a generalização seja derivável de outras leis, isto é, tenha um determinado papel em uma teoria científica; (e) por fim, para constituir-se em lei, a generalização deve ser verdadeira.

E mesmo conhecendo as generalizações ou leis que governam o modo como todas as coisas mudam, somente seria possível entender a estrutura atual das coisas conhecendo como elas começaram — suas condições iniciais. Este é um legado da crença ocidental na regra da causa e do efeito no universo, e da representação das leis

da natureza como equações diferenciais, ou algoritmos, cujo resultado é determinado unicamente pelo que foi introduzido.

Na matemática, o papel das condições iniciais é desempenhado pelos axiomas. Eles são os postulados iniciais, feitos antes de se começar a aplicar qualquer raciocínio dedutivo. Os axiomas são suposições iniciais consideradas evidentemente verdadeiras e a partir deles deduções lógicas podem ser obtidas, sob regras de raciocínio estipuladas. As regras do raciocínio lógico são análogas às da lei da natureza dos cientistas, ao passo que os axiomas desempenham o papel de condições iniciais.

Por vezes as condições iniciais podem exercer uma influência tão penetrante que criam a impressão de que um novo tipo de lei está atuando. O caso mais conhecido é o da chamada "segunda lei da termodinâmica", que especifica que a entropia, ou nível de desordem, de um sistema físico fechado não pode diminuir com a passagem do tempo. A razão de, nos sistemas fechados, as coisas serem vistas passando invariavelmente do mau para o pior, é que as condições necessárias para manifestar o aumento da ordem são fantasticamente incomuns e a probabilidade de que surjam na prática é ínfima.

Assim, a responsável pela ilusão de que há uma lei da natureza geradora de desordem é a alta probabilidade da ocorrência das condições iniciais bastante típicas cujo resultado mais provável é a desordem. A "seta" do aumento da entropia é um reflexo da improbabilidade daquelas condições que seriam redutoras de entropia num sistema físico fechado. Nessa perspectiva, e considerando a proposta conceitual da "dependência sensível às condições iniciais" formulada no escopo da atual teoria do "caos determinístico", é provável que, em breve, o conjunto de "leis da natureza" venha a ser representado somente por afirmações probabilísticas.

"Once upon a time and a very good time it was."

James Joyce, *apud* Barrow

"A teoria explica as leis, mas não como algo que está acima delas; antes, como algo que dá a cada uma a força e a finalidade derivada das demais."

Kaplan

As teorias explicam o mundo

Bunge (1974) afirma toda teoria científica inclui os conceitos de referência e representação. Em qualquer caso, sendo o conceito de representação uma noção

semântica e a semântica, por sua vez, um capítulo da filosofia contemporânea, é muito provável que se encontre "um bocado de filosofia" em toda a teoria científica. Talvez as mais importantes pressuposições filosóficas de uma teoria sejam as de que existe um mundo externo, que este mundo é regido por leis e que o homem pode conhecer estas leis.

Em geral, uma teoria resume os conhecimentos existentes e oferece uma explicação para eventos e relações observadas, e para prever a ocorrência de eventos e relações ainda não observadas, com base nos seus próprios princípios explanatórios. As teorias têm caráter provisório, sendo aceitas na medida de sua coerência semântica e do valor de verdade de suas predições, e enquanto representarem modos eficazes para explicar os fatos observados. Por sua vez, um fato, para um cientista, é uma observação empiricamente verificada; a teoria se refere a relações entre fatos ou à sua ordenação significativa. Nas palavras de Hempel, "uma teoria é usualmente introduzida quando um estudo prévio de uma classe de fenômenos revelou um sistema de uniformidades que podem ser expressas em forma de leis empíricas. A teoria procura então explicar essas regularidades e, em geral, proporcionar uma compreensão mais profunda e mais apurada dos fenômenos em questão".

Assim, a teoria é um instrumento de trabalho que pertence à ordem simbólica. Sua linguagem é construída especificamente para isso, envolvendo conceitos de tipo "semântico", que se referem a aspectos dos fenômenos, e conceitos de tipo "sintático", cujo papel é o de articular outros conceitos. Na perspectiva de Bunge (1974), dois aspectos se destacam na teoria: o conceitual, de explicitação do sentido, e o proposicional, de formulação lógica. A formulação obedece ao princípio de redução — que permite a delimitação do objeto de estudo —, enquanto a explicitação obedece ao princípio de compreensão, que se propõe dar às hipóteses sua pertinência mais ampla. A formulação é o aspecto sintático dos sistemas teóricos, enquanto articulação de proposições segundo regras lógicas, representando o pré-requisito para teste da teoria. A explicitação, por sua vez, é o aspecto significativo dos sistemas teóricos, enquanto comporta conceitos cuja compreensão deve ser intersubjetivamente "evidente", pois a explicitação conceitual deve manifestar a dependência da teoria com relação a sua problemática.

Enquanto "quadro de formulação", uma teoria comporta um sistema de proposições obedecendo ao critério de coerência formal exigido pela concatenação e coligação de todas as proposições da teoria em um conjunto articulado e não-contraditório; para Bruyne et al., o caráter sistêmico das teorias é sua melhor garantia de eficácia e compreensão científica da realidade e encontra sua expressão no "pólo morfológico da pesquisa". Como "quadro de explicitação", a teoria manifesta sua consistência semântica, e seus conceitos fundamentais, ou primitivos, devem ser homogêneos, pertencendo a famílias semânticas equivalentes, articulados e conectados entre si e distribuídos na rede de proposições. Por um lado, a explicitação conceitual manifesta, de algum modo, a unidade material da teoria, permitindo-lhe realizar operações referenciais sobre seus objetos de investigação. Por outro, a formulação proposicional confere à teoria sua unidade formal, lógica, permitindo-lhe realizar operações sintáticas no interior de seus objetos de análise.

Para Bunge (1974), a melhor maneira de apresentar uma teoria científica é formulá-la como uma axioma, ou seja, especificando explicitamente todas as suas assunções e distinguindo claramente os conceitos básicos e hipóteses que são seus

derivados. Axiomatizar um corpo de conhecimentos (um conjunto de afirmações) é *exibir suas idéias principais de uma maneira ordenada*. Consiste em uma apresentação ordenada tanto dos conceitos principais como das afirmações principais da teoria, entendendo-se por idéia "principal" aquela que serve para construir outras idéias, um conceito usado para definir outros conceitos ou uma afirmação empregada para derivar outras afirmações. Os conceitos básicos de uma teoria são chamados seus conceitos *primitivos* ou não-definidos, enquanto as proposições básicas de uma teoria são chamadas *axiomas* ou postulados da teoria.

Porém, pergunta-se ele, como atribuir significados fatuais aos símbolos de uma teoria científica? Parece-lhe óbvio que somente aos símbolos primitivos de uma teoria é preciso atribuir um significado fatural, pois as definições cuidam da transferência de significado dos símbolos primitivos para os definidos; se o sistema axiomático é adequado, então incluirá um código, que consiste em um conjunto de assunções semânticas onde cada uma delas atribui uma coisa, ou uma propriedade de uma coisa, a um símbolo. Pouco importa, para Bunge (1974) se a coisa ou a propriedade resulte ser não-existente, "como tão frequentemente tem sido o caso na ciência". O mais importante é que o sistema teórico tenha uma coerência semântica interna que lhe dote de instrumentos de abordagem dos fatos, de modo a propor interpretações e permitir experimentos nos quais essa coerência possa ser testada e validada.

Pois a principal função de um sistema teórico, na visão de Goode & Hatt, é a de reduzir a amplitude dos fatos a serem estudados na pesquisa científica, criando oportunidade para observar um mesmo fenômeno de várias perspectivas diferentes. Cada área da ciência é organizada por uma estrutura de conceitos que se referem aos processos e objetos mais importantes a serem estudados; esses termos formam o universo de discurso especializado dos cientistas, que muda à medida em que teoria e pesquisa interagem. A teoria resume os fatos e estabelece uma uniformidade que ultrapassa as observações imediatas e são, também, um meio de prever novos fatos. E assim como resume os fatos conhecidos e prevê fatos que não foram ainda observados, a teoria deve também indicar as áreas da pesquisa científica que ainda não foram exploradas. "A teoria põe-se em contraste, assim, com a prática e com os fatos; ela também se coloca acima da experiência" (cf. Kaplan).

Cada tipo de atividade científica versa sobre uma ou outra classe de objetos, mas nenhuma teoria reproduz diretamente a experiência. Primeiro, porque toda teoria é constituída por meio de conceitos, não de imagens, e estes conceitos, longe de serem empíricos (isto é, observáveis) são construtos plenamente desenvolvidos (isto é, são conceitos que transcendem à observação). Segundo, porque tais conceitos-chave são relativamente poucos em cada teoria e, por conseguinte, referem-se a uns poucos aspectos escolhidos na experiência subjetiva ou objetiva que são considerados importantes, muito mais do que a um sistema físico real em todos os promenores.

Conforme Bunge (1974), o que importa, e muito, é que a teoria apresente uma unidade formal e semântica, que se constitua como um sistema hipotético-dedutivo em vez de um amontoado arbitrário de fórmulas. A *coerência semântica*, ou unidade conceitual de uma teoria fatural, reduz-se a isto: o sistema deve versar sobre alguma classe (não-vazia) que, longe de ser uma coleção arbitrária, se caracteriza por certas propriedades mutuamente relacionadas. A classe de objetos a que a teoria se refere é o *universo de discurso* desta e a teoria lhe atribui certas propriedades, cada uma das quais representa por um certo predicado.

Ele propõe quatro *fatores de coerência semântica* necessários a uma teoria: (a) unidade de referência, necessária mas não suficiente para uma teoria atingir unidade conceitual completa; (b) relação dos predicados, ou seja, sua *homogeneidade semântica*; (c) condição denominada *requisito do fechamento semântico*, que pode ser enunciada nos seguintes termos: os predicados da teoria serão apenas aqueles que ocorrem no predicado básico e nas definições da teoria; (d) combinação dos conceitos-chave (predicados básicos da teoria) mediante a distribuição entre as suposições iniciais da teoria, sua *condição de conectude conceitual*. A unidade de referência e a conectude conceitual são necessárias para atingir a unidade formal da teoria, pois "as relações de dedutibilidade só podem ser estabelecidas entre fórmulas que partilham certos predicados-chave".

Assim, será possível saber, a partir da análise da coerência semântica, não só o que a teoria supostamente representa como, também, aquilo que mantém a pretensão a tal referência, isto é, qual é a sua evidência. Considerada do ponto de vista da *referência* (semântica) uma teoria da física, por exemplo, sugere um caminho imediato para um modelo conceitual que por sua vez se supõe simbolizar um sistema físico real de alguma espécie. E assim como o referente imediato é um construto, o referente mediato pode ser de fato não-existente e de qualquer modo não precisa ser necessariamente observável (p.ex., a interação das partículas elementares foram inferidas pelos cientistas antes de serem criados instrumentos de observação; os grandes aceleradores de partículas, instrumentos da experimentação na física quântica, têm demonstrado a correção de algumas intuições tornadas equações pelos cientistas).

Bunge (1987) questiona a existência de teorias nas ciências sociais, dizendo que quase sempre se trata ou de quadros teóricos ou de doutrinas, diferenciando uns e outras. Para ele, "um *quadro teórico* (ou *contexto*) é um conjunto de proposições referentes a um mesmo domínio (p.ex., sociedades humanas) contendo certos conceito (p.ex., os de classe social e *anomia*) que constituem um grupo homogêneo, no sentido de que todos eles se referem ao mesmo domínio". Devido a essa referência comum — um contexto — o quadro teórico possui um grau de organização que o aproxima da coerência semântica e lógica exigidas de uma teoria; as proposições de um dado contexto constituem, à semelhança da formulação teórica, um conjunto fechado relativo às operações lógicas nesse domínio.

Por sua vez, uma doutrina representa um corpo de idéias suscetível de ser transmitido ou ensinado, mas é menos precisa que uma teoria. Dada essa imprecisão, os fatos empíricos não podem decidir sobre o valor de verdade de uma doutrina e por não ser comprovável dificilmente a doutrina será convertida em teoria, mais ainda em uma teoria científica. Já uma teoria propriamente dita, é um sistema hipotético-dedutivo, um conjunto de proposições referentes a um dado assunto e de modo tal que cada uma delas é ou uma premissa (p.ex., uma hipótese) ou uma consequência lógica de outras proposições da teoria.

Por estar organizada logicamente, uma teoria permite o levantamento e a solução de problemas, entre os quais a predição de eventos. O confronto de tais previsões com dados empíricos, e também o exame da teoria em relação a outras teorias já aceitas, é que permite um juízo sobre o valor de verdade da teoria. Trata-se de uma atividade humana que se desenvolve em espiral, onde cada nova volta continua a evolução anterior, mas em um nível acima do anterior e com novos predicados.

Assim, enquanto *conjunto significativo pertinente*, todo sistema teórico é, em última instância, relativo a uma problemática, o que significa que deve referir-se efetivamente à realidade que visa interpretar; como *conjunto explicativo coerente*, a teoria pretende garantir uma explicação baseada, o mais possível, nos fatos aos quais as hipóteses se propõem representar; por fim, como *conjunto hipotético testável*, um sistema teórico deve poder ser contestado em sua totalidade pelos fatos que investiga, sendo seu teste empírico uma exigência primordial. Dessa forma, uma teoria não é simplesmente um conjunto de leis, mas antes uma espécie de "rede sistemática cujas malhas seriam formadas pelas proposições-leis. Bachelard observava que a hipótese, dali em diante, era síntese; síntese ao mesmo tempo 'sistematicamente' explicativa e 'totalmente' compreensiva" (Bruyne et all.).

E é nesse sentido, que esta breve explanação sobre **Leis & Teorias** pode ser finalizada com as palavras de Popper:

"las teorías son redes que lanzamos para apresar aquello que llamamos 'el mundo': para racionalizarlo, explicarlo e dominarlo. Y tratamos de que la malla sea cada vez más fina."

Posfácio

Onde se aplicariam os construtos leis & teorias, considerando os projetos de pesquisa, ou exercícios metodológicos, elaborados pelos alunos da disciplina *Explanação e Análise na Ciência*, no semestre 95.1?

Uma análise desses projetos mostra que, em todos, as variáveis se definem por uma relação assimétrica, representada por uma causa (variável independente) e sua consequência (variável dependente), tal como observado no conjunto de leis que descrevem o mundo a partir de uma problemática identificada como suas condições iniciais. As hipóteses propostas representam, por sua vez, explicações provisórias sobre as relações através das quais as variáveis interagem e se influenciam mutuamente, fazendo parte de esquemas ou sistemas teóricos mais amplos de explanação dos fatos.

Claudio Ribeiro da Silva, propõe, como hipótese, que "a falta de uma sistematização da literatura sobre geração de base de dados causa uma não integração no conhecimento das técnicas existentes sobre esse assunto, sobre o subsistema de entrada"; Fernando Sepúlveda, que "a visão holística de Ranganathan sobre o universo do conhecimento e sua representação foi influenciada por diferentes culturas, destacando-se entre elas a brâmane e a chinesa; foi também influenciada pela astrologia"; Lúcia Elena Garcia de Oliveira, que "o sistema nacional de informações estatísticas não permite o conhecimento adequado das características do universo empresarial e nem atende às necessidades de informações das micro e pequenas empresas"; Rosa Maria Lellis Werneck, que "a criação em artes visuais depende de

canais de informação: formais, informais e até mesmo (biológicos, corporais, estéticos)"; Rose Aylce O. Leite, que "existem fatores intrínsecos à produção e comunicação do conhecimento em arqueologia que dificultam a indexação de sua literatura, prejudicando a recuperação das informações inerentes à área"; Vânia Lúcia da Cunha Pereira, que "a percepção do fenômeno informação, tal como detectada nos registros bibliográficos da Ciência da Informação e demais áreas do conhecimento, consideradas isoladamente, está aquém do fenômeno informação"; por fim, meu próprio projeto de pesquisa traz como hipótese que "numa dada área do conhecimento, a consciência possível de uma comunidade de cientistas estabelece limites para a assimilação e a aceitação das formas de expressão de um novo conhecimento".

Em cada hipótese foram definidos os principais construtos, de modo a articular essas proposições com outras proposições inseridas na formulação de teorias já aceitas e validadas pela ciência. A necessidade de coerência semântica interna entre esses construtos e a sua capacidade de relação produtiva com outras hipóteses em uso, é que devem desvelar o caminho lógico para inquirir os fatos a partir dos pressupostos dos fatos. E, desde que essas explicações lógicas fazem parte da experiência humana de explicar o mundo, também essas hipóteses devem narrar a perspectiva de cada um sobre os fatos — ao mesmo tempo em que expressam uma unidade na diversidade, um 'padrão que une' a busca de sentido empreendida em todas as áreas da ciência.

Bibliografia

BARROW, John D. *Teorias de tudo; a busca da explicação final*. RJ: Zahar Ed., 1994

BARTHES, Roland. *Mitologias*. São Paulo: Ed. Bertand Brasil, 1987

BRUYNE, Paul de; HERMAN, Jacques; SCHOUTHEETE, Marc de. *Dinâmica da Pesquisa em Ciências Sociais; Os pólos da prática metodológica*. 5ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1991.

BUNGE, Mario. *Epistemologia; Curso de Atualização*. São Paulo: Queiroz Ed., 1987

_____. *Teoria e Realidade*. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1974.

CAPRA, Fritjof. *Sabedoria Incomum*. São Paulo: Ed. Círculo do Livro, 1993

CIÊNCIA HOJE. Número especial sobre a Ciência do Caos. v.14, n.80, mar./abr., 1992

ELIADE, Mircea. *Mito e Realidade*. 2ed. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1986

FREIRE, Isa. *Oficina das Emoções; A Vivência do Mito*. Monografia apresentada à Associação Latinoamericana de Biodanza (ALAB) como requisito parcial para obtenção do título de Facilitador de Biodança. Rio de Janeiro: [s.e.], 1994

GOODE, William J. & HATT, Paul K. *Métodos em Pesquisa Social*. 5ed. São Paulo: Cia. Ed. Nacional, 1975

BRAGA, Gilda M. Notas de aula na disciplina *Explicação e Análise na Ciência*. Rio de Janeiro: PPGCI, Semestre 95.1, 1995

HEMPEL, Carl G. *Filosofia da Ciência Natural*. 2ed. Rio de Janeiro: Zahar Ed., 1974

JACOBI, Jolande. *Complexo, Arquétipo, Símbolo na psicologia de C.G. Jung; com prefácio de C.G. Jung*. São Paulo: Ed. Cultrix, 1986

JUNG, Carl G. *Memórias, Sonhos, Reflexões*. São Paulo: Ed. Círculo do Livro, 1993

KAPLAN, Abraham. *A Conduta na Pesquisa; Metodologia para as Ciências Sociais*. São Paulo: Ed. Herder: Ed. USP, 1969

LÉVI-STRAUSS, C. *Antropologia Estrutural*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1975

PEDRINI, Alexandre. *Leis e Teorias*. Relatório final apresentado na disciplina *Explicação e Análise na Ciência*. Rio de Janeiro: PPGCI, Semestre 94.1, 1994

POPPER, Karl R. *La lógica de la Investigación Científica*. Madrid: Ed. Tecnos, 1967