

## Capítulo

# 2

### A metamorfose do processo de investigação científica

Marcos da Fonseca Elia (NCE/UFRJ)

[melia@nce.ufrj.br](mailto:melia@nce.ufrj.br)

#### **Objetivo do capítulo**

Neste capítulo apresento uma retrospectiva da evolução dos paradigmas que vêm norteando o pensamento científico, por considerar que o conhecimento desse processo é fundamental para compreender a natureza e os limites da ciência. Ao final da leitura deste capítulo, você deve ser capaz de:

- Compreender a lógica evolutiva do processo de investigação científica, reconhecendo que o conhecimento científico não avança de forma linear e cumulativa, mas sim com descontinuidades causadas por mudanças paradigmáticas.
- Compreender a natureza complexa do paradigma atual do pensamento científico pós-moderno.
- Utilizar a presente reflexão metodológica para definir os limites de um objeto de estudo em Informática na Educação (IE), a partir de sua natureza complexa transdisciplinar, ou seja, aquela que “está entre, passa através e vai além” dos conteúdos de informática e educação.



*Era uma vez... Alex, formado em ciência da informação, decidiu fazer pesquisas sobre o uso das tecnologias da informação em Educação. Contudo, estava confuso porque os objetos de estudo dessa área envolvem interações entre pessoas e artefatos tecnológicos, sendo que os sujeitos são ativos e reativos a essas interações, enquanto os objetos em geral não são. Seu estado de confusão mental tornava-se ainda maior quando ele lembrava de ter lido em algum lugar que a única maneira correta de se produzir conhecimento científico era através de experimentos realizados em laboratório sob condições controladas, com dados quantitativos e conclusões obtidas de testes de hipótese. Mesmo sentindo-se inseguro, resolveu ir em frente com seu projeto e matriculou-se em um PPGI que oferecia IE como uma das áreas de concentração. E, eis que no dia de abertura do curso dedicado à recepção dos alunos quando são organizadas diversas atividades: apresentação do corpo docente e de funcionários administrativos, normas de funcionamento e uma aula inaugural; o tema que fora escolhido para a aula foi justamente "A natureza da pesquisa em Informática na Educação". Surpreso, mas ao mesmo tempo aliviado, ouviu do professor palestrante que não havia o método científico tal como uma receita de bolo e que o melhor método é aquele que se constrói ao longo do caminho seguindo princípios baseados na razão, ética, parcimônia e eficácia dos resultados. Ouviu também que o verdadeiro conhecimento científico -segundo defende um filósofo da ciência chamado Karl Popper - só é alcançado quando falseamos teorias e modelos, e não quando os validamos, o que levou esse filósofo a verbalizar que "uma boa teoria científica é aquela que carrega a semente da sua própria destruição". Entusiasmado com todas as novidades que ouvira na palestra, Alex e vários de seus colegas resolveram formar um grupo de estudos para melhor compreender como o pensamento científico evoluiu e como isso se estruturou em "métodos científicos" ao longo dos anos, vindo a constituir a chamada metodologia científica.*

# 1 Introdução

## *Caminante* | Caminhante

Antonio Machado (1875-1939)

*Caminante, son tus huellas  
el camino y nada más;  
caminante, no hay camino,  
se hace camino al andar.  
Al andar se hace el camino,  
y al volver la vista atrás  
se ve la senda que nunca  
se ha de volver a pisar.  
Caminante no hay camino  
sino estelas en la mar.*

Caminhante, são teus passos  
o caminho e nada mais;  
caminhante, não há caminho,  
se faz caminho ao andar.  
Ao andar se faz o caminho,  
e ao olhar para trás  
se vê a vereda que nunca  
se há de voltar a pisar.  
Caminhante, não há caminho,  
senão esteiras no mar.

Considero esse poema, da obra “Campos de Castilla” (1912) do poeta espanhol Antonio Machado, um análogo poético do conteúdo que abordo neste capítulo sobre a natureza do método de investigação científica, não só porque etimologicamente a origem grega da palavra “método” significa “meta = em busca de” + “hodos = caminho”, mas sobretudo pela afirmação peremptória em forma de versos do desconhecimento a priori do seu traçado, que é exatamente o que queremos demonstrar nesta breve retrospectiva da evolução do processo de investigação científica.

Apresento este texto objetivando oferecer uma reflexão epistemológica preliminar que julgo de muita valia para o planejamento e desenvolvimento de um trabalho científico, em Informática na Educação ou em qualquer outra área, tal como acontece, por exemplo, em uma pesquisa de dissertação de mestrado ou tese de doutorado. Assim, trata-se de um texto que deve ser necessariamente utilizado de forma conjugada com outras fontes bibliográficas, tais como as que estão sendo oferecidas nos demais capítulos deste livro por diferentes autores.

A metodologia científica é formada por um conjunto de métodos que eventualmente se complementam e, até mesmo, se opõem entre si, como seria o caso do uso de métodos quantitativos e qualitativos em uma dada pesquisa. Além disso, considerando que a pesquisa científica é uma atividade interdisciplinar, a metodologia científica empregada vale para todas as ciências independentemente do(s) conteúdo(s) disciplinar(es) do objeto de estudo. Contudo, mesmo sendo comum a todas as áreas, é importante que, antes de discutirmos a metodologia do trabalho científico, conheçamos as peculiaridades disciplinares da área em que ela será instanciada: Informática na Educação (IE). Aqui entendida pelo autor como área de pesquisa, desenvolvimento e de formação de recursos humanos sobre o uso das tecnologias da informação e da comunicação (TIC) como tecnologia educacional dentro e fora da sala de aula.

A IE existe há praticamente meio século no Brasil (SAMPAIO; PIMENTEL;

SANTOS, 2017). Após estes anos de prática e de estudos, aprendemos que não é uma área multidisciplinar que simplesmente agrega conteúdos de informática aos de educação, ou vice-versa. Tampouco podemos afirmar que sua natureza é interdisciplinar apenas porque a informática e a educação têm em comum alguns conteúdos. O que o nosso conhecimento atual aponta é que a IE estaria mais próxima de uma área transdisciplinar<sup>1</sup>, ou seja, aquela que “está entre, passa através e vai além” dos conteúdos de informática e educação.

O que abordarei a seguir, na Seção 2, é o *leitmotiv* desse trabalho. Consiste em uma análise sobre a transformação ao longo do tempo da relação entre o sujeito-investigador (S) e o objeto-investigado (O) no processo de investigação científica. Trata-se de um tema de suma importância para todas as áreas do conhecimento, mas sobretudo para a área de IE justamente devido ao seu caráter transdisciplinar, como veremos na Seção 3.

A linha do tempo apresentada na Figura 1 resume as principais transformações no paradigma de pesquisa científica que serão discutidas. Nas duas primeiras fases da relação S-O, há uma separação total entre essas duas entidades, não se admitindo que pudessem sequer se misturar entre si – tal como azeite e água –, embora o protagonismo de um e de outro vá pendularmente se movimentando do sujeito para o objeto. Contudo, nas duas fases seguintes, essa mistura passa a ser admissível e o estreitamento entre o sujeito investigador (S) e o objeto investigado (O) passa a ser progressivamente um amálgama indissociável. Houve, portanto, uma ruptura epistemológica (aqui caracterizada como uma metamorfose), iniciada nos meados do século XVIII, que gerou, na literatura, as denominações de "Velha Aliança" e "Nova Aliança" para se referirem a esses dois entendimentos distintos dessa relação.

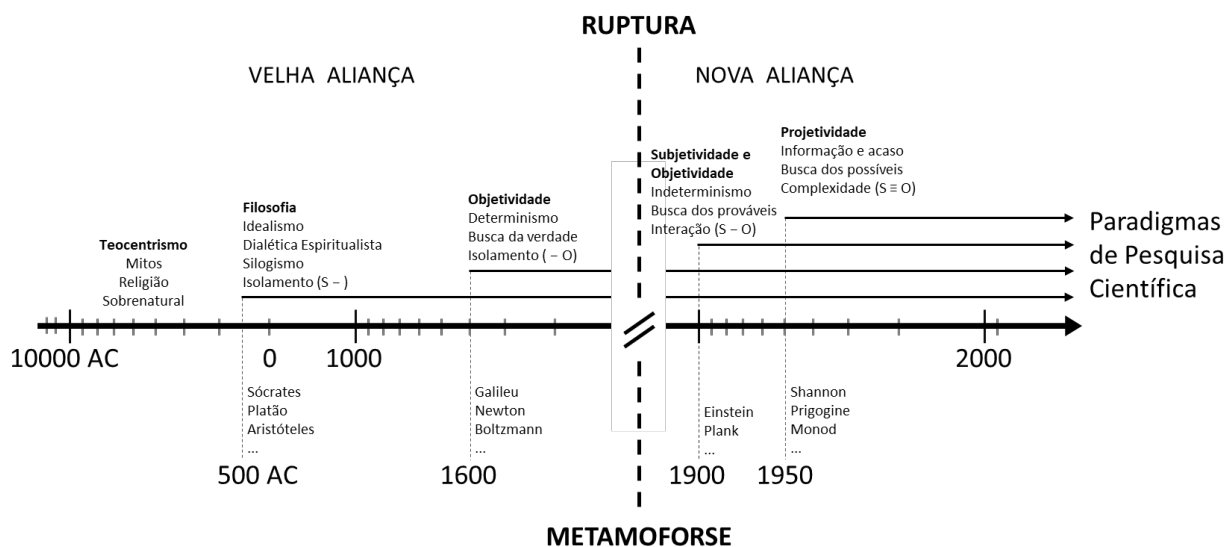


Figura 1: Metamorfose do Pensamento Científico

<sup>1</sup> Um termo inventado em 1970 por Jean Piaget (apud NICOLESCU, 2003)

Desejo, também, explicar a escolha da abordagem e o meu lugar de fala. Tenho feito a reflexão ora apresentada há mais de 10 anos com meus alunos do curso de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Informática - PPGI) e de Especialização em IE (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Informação Aplicada à Educação - PGTIAE) da UFRJ, sempre na primeira semana de aula da disciplina de Metodologia da Pesquisa, alcançando uma boa receptividade. Assim decidi compartilhar essa experiência com os leitores deste livro – e de mesmo perfil dos meus alunos acima mencionados –, pois acredito que ela contribui para a formação de uma visão mais global do *modus faciendi* da pesquisa.

## 2 A metamorfose do processo de investigação científica

Nesse presente momento, o nosso interesse de pesquisa é compreender a natureza da própria investigação científica; ou seja, investigar o caminho a ser trilhado para alcançar o conhecimento científico (conforme síntese apresentada na Figura 1). Portanto, não podemos nos valer da metodologia científica para esta finalidade e, para contornar esta circularidade lógica, primeiramente, assumirei como hipótese *ad hoc* que a evolução do pensamento científico segue *pari passu* a evolução do espírito humano e, assim, tomaremos emprestado a hermenêutica dialética proposta pelo filósofo Hegel (1770-1831) no séc. XVIII para explicar a fenomenologia da evolução do espírito humano<sup>2</sup> em direção ao seu aperfeiçoamento. Em segundo lugar, ao longo da análise, tomarei como objeto de estudo o movimento de corpos (seres, objetos, etc.).

### ***Uma síntese da fenomenologia da evolução do espírito humano***

De acordo com a dialética da fenomenologia do espírito humano, proposta por Hegel (1770), os seres e os objetos teriam sido, em sua origem, indiferenciados, inicialmente mais assemelhados aos objetos. Com o passar do tempo, e por meio de interações assimétricas e dialéticas entre eles – do tipo que existe entre dominadores vs dominados, segundo a metáfora da relação "senhor vs escravo" – teria havido uma diferenciação progressiva criando-se "seres" com graus de subjetividade (consciência do outro, consciência de si, etc.). Esse processo se encaminharia, paulatinamente, na direção de uma espiritualidade total e absoluta na qual as religiões e a ciência, cada qual com seus respectivos dogmas, paradigmas e narrativas, seriam tão somente pegadas fósseis das etapas inerentes à trajetória evolutiva/o do espírito humano.

### 2.1 Prevalência da razão pura (S- )

Como ponto de partida para uma análise da evolução do pensamento científico, é possível identificar a prevalência total da visão subjetiva (S- ) nas explicações de Aristóteles (350 A.C. -322 A.C.) sobre o movimento dos objetos, pois eram as ideias

---

<sup>2</sup> Em total alinhamento com a teoria evolucionista das espécies de Charles Darwin (1809-1882), ambas produzidas como revolucionárias no século XIX.

(Idealismo) e a razão pura (Racionalismo), centradas no observador, que determinavam as explicações sobre os fenômenos da natureza neste período. Dessa forma, era totalmente ignorada a observação do fenômeno em estudo (no caso, o movimento dos objetos), pois não havia a preocupação em compreender ou mesmo descrever como ele ocorria. O interesse estava voltado para a origem do movimento segundo leis preconcebidas (prescrição). Tal foi o caso, por exemplo, da divindade das esferas celestes e seus lugares naturais, ou o caso da explicação dada pelos seguidores do pensamento aristotélico, Claudio Ptolomeu (90-168), de que a Terra seria o centro imóvel do Universo (Geocentrismo). Ainda neste contexto, é oportuno lembrar também que foi Aristóteles o precursor do silogismo do raciocínio lógico dedutivo que passou a embasar as explicações do período.

### ***Raciocínio lógico dedutivo inventado por Aristóteles***

Parte-se de premissas primárias e secundárias (“*explicans*”) para se obter uma explicação (“*explicandum*”), ou seja, uma conclusão ou asserção da coisa a ser explicada, que será logicamente verdadeira se as premissas forem verdadeiras (transmissão da verdade do *explicans* para o *explicandum*). Entretanto, uma conclusão verdadeira não implica que as premissas sejam verdadeiras (não-retransmissora da verdade do *explicandum* para o *explicans*). Note, no entanto, que se a conclusão for falsa, então necessariamente pelo menos uma das premissas é falsa (retransmissora da falsidade do *explicandum* para o *explicans*).

Exemplo: Raciocínio lógico-dedutivo de Aristóteles sobre o movimento:

1. Movimento é “toda transição de um estado potencial para um estado de acontecimentos propriamente dito” (premissa primária).
2. A deterioração, as mudanças de tamanho ou de posição de um objeto representam uma “transição de algo em potencial para um estado de acontecimentos propriamente dito” (premissa secundária).
3. Assim, poderia ser entendido como movimento a geração e deterioração de um objeto, mudanças no seu tamanho e, também, a sua mudança de posição ou de lugar no espaço (conclusão).

O trabalho de Lang (1989) ilustra, com exemplos, as limitações expostas acima sobre o método lógico-dedutivo, incluindo uma visão crítica do Filósofo Karl Popper ao pensamento científico em geral.

## **2.2 Prevalência dos dados positivos e das observações controladas (-O)**

O período do pensamento aristotélico totalmente isolado da realidade (S-) – “as ideias afetando as coisas e não o contrário” – se estende por muitos séculos e o seu ímpeto só foi quebrado com as profundas reformas nas artes, religião e no pensamento científico ocorridas a partir do Séc. XVI, que deram margem ao desenvolvimento de uma nova metodologia científica. Esta nova metodologia – que tem René Descartes (1596-1650), Francis Bacon (1561-1626) e Galileu Galilei (1564-1642) como seus principais criadores e Isaac Newton (1643-1727) como principal propagador – é caracterizada pelo raciocínio lógico-experimental indutivo-hipotético-dedutivo. Tal metodologia pressupõe uma total

objetividade no processo investigativo, separando o sujeito da investigação do seu objeto de estudo, transformando a ciência em um monólogo do Homem com a natureza com o objetivo de revelar a sua verdade, presumidamente externa a ele.

Por exemplo, de acordo com a Mecânica de Newton, sabendo-se o estado de movimento de um sistema em um dado instante ( $t$ ) e as causas objetivas que afetam esse movimento, seria então possível prever qualquer estado de movimento em um tempo futuro ( $+t$ ) ou descrevê-lo como foi em um tempo passado ( $-t$ ). Suas bases paradigmáticas metodológicas são, portanto, a objetividade absoluta do método de investigação científica e a existência de uma relação perfeita de causa e efeito entre os objetos da natureza.

Como é comum acontecer, esse pensamento científico permeia e é permeado pelo contexto sócio-econômico-político da época e não é à toa que surgiu, nesse período, a primeira grande revolução industrial com o desenvolvimento de inúmeras engenhocas mecânicas para a produção de bens e serviços. Por um lado, como sabemos através da história, essa saudável interação propiciou as grandes descobertas marítimas de novos continentes e a observação de novos corpos celestiais, ou seja, alargou nossos horizontes na Terra assim como no céu. Por outro, contudo, contribuiu também para aumentar os conflitos de interesses e as guerras entre as nações que, como um produto colateral, gerou um significativo aumento da demanda para fabricação mais eficiente de canhões: a arma de maior poder de destruição a época.

Em síntese, pode-se dizer que o principal retorno que todo esse processo trouxe para a área de ciência e tecnologia da época foi o desenvolvimento de estudos sobre as trocas de calor entre corpos, o que contribuiu para o início do declínio, em meados do século XVIII, da visão positivista-mecanicista trazida por Newton e outros. Isto porque os estudos sobre trocas de calor entre corpos passaram a constituir um novo corpo de conhecimento da Física, hoje denominado de Termodinâmica e, a partir dele, ficou bem estabelecido que o calor – até então muito mal compreendido pelos cientistas – é também uma forma de energia e que, na natureza, há uma seta do tempo porque os fenômenos naturais envolvendo trocas de calor seriam irreversíveis (2ª lei da Termodinâmica). Essa irreversibilidade, não prevista pela mecânica newtoniana, decorre de uma degradação da qualidade da energia durante a realização de qualquer processo de transformação que ocorra na natureza envolvendo a interação entre muitos corpos (objetos).

As implicações dessa lei de irreversibilidade também são enormes para nós, humanos, que estamos contínua e irresponsavelmente degradando a energia no nosso planeta Terra. Pois se é verdade o princípio de Antoine Lavoisier (1743-1794) que “na natureza nada se cria, nada se perde e tudo se transforma”, ou seja, que a energia se conserva quantitativamente (hoje conhecida como 1ª lei da Termodinâmica!), também é verdade que a energia útil não se conserva, pois a cada processo a energia se degrada qualitativamente (2ª lei da Termodinâmica!).

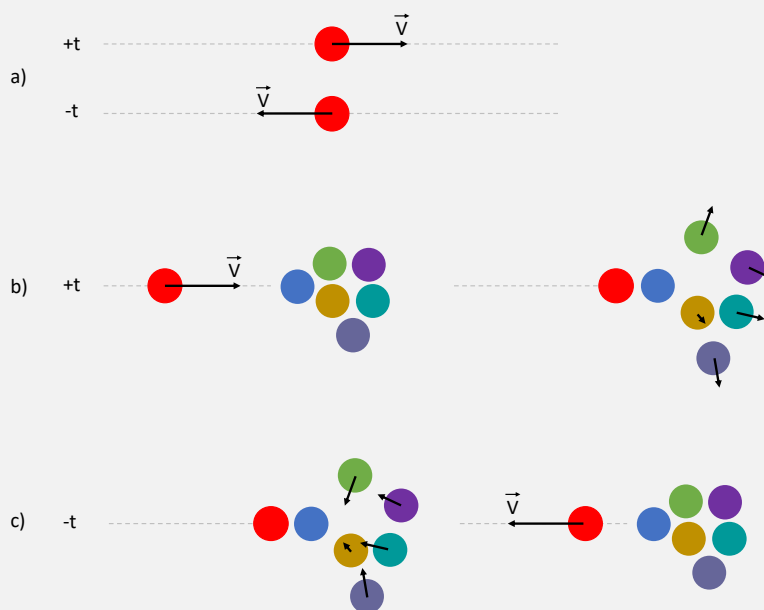
Estudos posteriores e microscópicos desses mesmos processos mostraram que essa degradação estava associada ao aumento da desordem do sistema em estudo (e do seu meio...!). Esta tendência ao aumento de desordem é também muito significativa sob o ponto de vista epistemológico, pois introduz, pela primeira vez, um grau de incerteza (ou de probabilidade) intrínseco nas leis da natureza que, até então, tinham um caráter determinista inabalável e que está associado ao número de partículas que compõem o

sistema em estudo (vide simulação na figura 2, no quadro a seguir). Ou seja, em havendo muitas partículas, fica impossível acompanhar o movimento de cada uma delas individualmente e, assim, fica impossível descrever o movimento do sistema em estudo como sendo a soma de suas partes.

### **Entropia**

Sempre que ocorre um processo na natureza, a entropia  $H$  do Universo “(i.e., sistema em estudo + o seu entorno)” aumenta, indicando que houve, microscopicamente, um aumento de desordem e, macroscopicamente, uma degradação da energia. Nestas condições, este processo é naturalmente irreversível no tempo (não pode ser desfeito pela natureza) criando assim um sentido natural para o tempo: a seta do tempo. Isso fica bem ilustrado na figura 2 pelas três situações (a), (b) e (c) de movimento de uma bola vermelha:

- Nesta situação, tanto o movimento da bola vermelha para a direita (+t) ou para a esquerda (-t) seriam verossímeis, sob o ponto de vista da reversibilidade do tempo.
- O movimento da bola vermelha, vindo inicialmente da esquerda (+t) e colidindo com 6 bolas em repouso que se espalham, seria também verossímil (quem joga sinuca já viu isso).
- Contudo, o movimento reverso (-t) mostrado a bola vermelha inicialmente parada, sendo arremessada para a esquerda após ser atingida simultaneamente por 6 bolas vindo de diferentes direções, seria totalmente inverossímil, dando a entender que foi feito de forma manipulada, por exemplo, passando a “fita do filme” de trás para frente ou por simulação em computador.



**Figura 2: A seta do tempo**

E por que é assim? Note que no caso de uma única bola não há interação alguma e, portanto, não há degradação da energia (cinética) nem alteração da ordem (só há uma bola envolvida em movimento uniforme!). Enquanto no caso das bolas que colidem, no movimento da esquerda para direita a energia (cinética) está totalmente (organizada) em uma única bola e



depois da colisão, a energia é distribuída (desorganizada) entre 1 + 6 bolas. Ora, para que o 'movimento de volta' possa existir espontaneamente na natureza, esta energia teria que, por uma conjunção de fatores, retornar ao mesmo tempo para uma única bola, o que, convenhamos, é pouco provável de acontecer naturalmente embora não seja impossível (e com a ajuda de um programa de computador, fica até fácil!).

Nos sistemas de muitas partículas (ou “de muitas coisas”, ou “de muitas pessoas”) a abordagem passa a ser estatística. As variáveis físicas deixam de ser deterministas, no sentido de que se uma observação for feita sempre nas mesmas condições, então o resultado será sempre o mesmo (a menos de uma imprecisão experimental, é claro!); e passam a ser aleatórias, tal como ocorre quando jogamos um dado honesto: mesmo que o joguemos sempre nas mesmas condições iniciais, o número da face que cai para cima não será sempre o mesmo. E a tendência à desordem na evolução natural desses sistemas – a qual denominamos de “seta do tempo” – decorre do fato de haver mais maneiras de se desorganizar do que se organizar partículas (coisas, pessoas etc.). Por exemplo, pense na sua mesa de trabalho: só há poucas maneiras de você encontrá-la organizada a seu gosto, mas há inúmeras maneiras de você a encontrar desorganizada. Portanto a irreversibilidade e a 2ª Lei da Termodinâmicas não são deterministas: elas são probabilísticas. Voltaremos a esse ponto mais adiante, na Seção 2.4.

### **2.3 Prevalência da interação sujeito-objeto (S-O)**

Retornando a nossa questão principal, podemos ir adiante para dizer que pouco mais de 100 anos depois do advento da Termodinâmica, o edifício mecanicista voltou a ser balanceado e com ele o protagonismo do objeto-observado (-O) quando, no início do século XX, a Mecânica de Newton foi contestada por outros dois estudos praticamente contemporâneos. Um deles, a Mecânica Quântica, sobre o movimento de partículas microscópicas (p.ex. elétrons), que tem Max Planck (1848-1947) como um dos seus precursores, e o outro, a Mecânica Relativista, proposta por Albert Einstein (1879-1955) sobre o movimento de partículas em velocidade muito alta e próxima à velocidade da luz. Não irei entrar em mais detalhes sobre esses dois estudos, mas o fato é que eles estabeleceram, de forma inequívoca, a existência de uma inerente relação entre o sujeito-observador e o objeto-observado (Relativismo S-O) colocando por terra o determinismo e o dogma da objetividade das observações científicas.

#### ***Estado de movimento probabilístico de partículas microscópicas***

Para compreender melhor a origem probabilística da relação sujeito-objeto, pense no seguinte: quando você olha um objeto, você está realmente enxergando uma imagem deste objeto formada pela luz que sobre ele incide e que é refletida para os seus olhos. Essa luz incidente sobre um objeto macroscópico praticamente não afeta o estado de movimento do objeto e, por isso, acreditamos que o que vemos é realmente o objeto e o seu movimento próprio. Contudo, quando o objeto é microscópico (p.ex.: elétrons) a luz que usamos para observá-los afeta o seu movimento, porque os fótons de luz e as partículas microscópicas que

interagem são de mesma ordem de magnitude (pois, se assim não fosse, não interagiriam). E, portanto, a posição e a velocidade (dentre outras grandezas) das partículas microscópicas que observamos são significativamente modificadas por essa interação, deixando de ser variáveis deterministas para serem variáveis aleatórias (aquelas que, mesmo quando observadas nas mesmas condições experimentais, não retornam necessariamente o mesmo valor, tal como ocorre com o valor de face de um dado arremessado).

Se você está assustado com a presente discussão sobre metamorfose dos paradigmas, então ouça essa: sempre aprendemos que tudo no universo se reduz a matéria e energia em movimento, que pode ser transformada uma na outra conforme a famosa equação de Einstein ( $E=mc^2$ ); contudo, hoje entende-se que não é bem assim, tudo (em escala microscópica) pode se comportar ora como matéria (partícula), ora como energia (onda). Assim, a luz, por exemplo, se comporta como uma onda eletromagnética ao se propagar. Porém, ao interagir com a matéria, a luz ela se comporta como uma partícula (pacote de energia) chamada fóton. Einstein, que nos brindou com inúmeras contribuições geniais, não foi laureado com o Prêmio Nobel pela fórmula ( $E=mc^2$ ) nem mesmo pela Teoria da Relatividade, mas sim por ter descrito o comportamento dual da luz acima mencionado, no caso em que ela interage com uma placa metálica gerando uma corrente elétrica (efeito fotoelétrico).

### ***Relativismo***

É bastante intuitiva, para qualquer um de nós, a ideia de que o estado de movimento seja relativo ao observador (p.ex., dentro de um avião você toma um refrigerante como se estivesse na sua poltrona de casa, mas quem está na Terra vê você no avião tomando o refrigerante a 300 km/h ou mais, e não se espanta com essa constatação). Mas, por outro lado, não é nada intuitiva a ideia de que o intervalo de tempo entre dois eventos, ou que a distância espacial entre os mesmos, possa também depender do movimento do observador. Por exemplo, de acordo com a Mecânica Relativista Restrita de Einstein, uma régua de 100 cm em repouso parecerá ter um comprimento de 60 cm para um observador que esteja se movimentando paralelamente a ela com uma velocidade de 80% da velocidade da luz ( $c=300.000$  km/s). E tudo isto decorre do fato - que os físicos têm cada vez mais evidências para crer - que a velocidade da luz tem um caráter absoluto, tal como Einstein propôs no início do século passado.

E se até as observações de intervalo de tempo e de espaço são relativas ao observador, o que não dizer então das observações no nosso cotidiano (p.ex., no contexto educacional)?

Pela retrospectiva feita até aqui, vê-se que só muito recentemente (meados do séc. XVIII e a virada do séc. XIX/XX), chegamos a uma visão de mundo formada por fenômenos prováveis e que aproximam o sujeito-observador do objeto-observado, em detrimento de uma interpretação determinista de causa-efeito desses fenômenos. Esta quebra do período isolacionista sujeito-objeto é marcada pela irreversibilidade (temporal) dos fenômenos naturais ou, equivalentemente, pelo reconhecimento da existência de uma seta (sentido) do tempo. E ela reflete uma mudança paradigmática na evolução do pensamento científico.

## 2.4 Prevalência da integração sujeito-objeto (S≡O)

Será que do início do séc. XX para cá aconteceu mais alguma outra grande mudança na nossa forma de ver a natureza da natureza? A resposta é sim! Começando em 1949 com Shannon e Weaver (1949) que revolucionaram o conceito de informação ao considerá-la como existente apenas quando – fluindo de uma fonte emissora para um receptor – implicasse em uma escolha para este último. E isto provocou uma nova guinada na evolução do pensamento científico.

### ***Teoria matemática da comunicação***

Segundo Shannon e Weaver, se eu enviar uma mensagem para alguém “Hoje a tarde eu irei à universidade”, não estarei dando nenhuma informação (I) ao receptor que recebê-la. No entanto, se eu enviar “Se não chover, hoje a tarde eu irei à universidade” eu estarei passando uma unidade de informação ao receptor com duas opções, que serão aqui codificadas respectivamente pelos dígitos binários (1)= “Se não chover, hoje a tarde eu irei à universidade” e (0)= “Se chover, hoje a tarde eu não irei à universidade”. Como sabemos, essa unidade de informação é denominada pelo acrônimo “bit” em inglês (**binary digit** ou possivelmente **binary unit**), ou seja, dizemos que, com duas opções, temos 1 bit ([1] ou [0]) de informação.

O valor agregado por Shannon e Weaver (1949) foi dar ênfase ao fato que informação é tudo aquilo que a gente ainda não sabe. O que a gente já sabe é conhecimento formado. Mas qual é a importância epistemológica disso? Por que é tão importante reconhecermos sob o ponto de vista metodológico que, o que ainda não sabemos, é informação?

Primeiramente, porque na perspectiva das ideias de Shannon e Weaver (1949): a inovação não estaria naquilo que já sabemos de forma regular e consolidada nos compêndios de área, mas sim no que é ‘ainda desconhecido’, no acaso fortuito, ou nos eventos possíveis (p.ex.: condições iniciais do sistema) e não apenas nos mais prováveis que ocorrem no equilíbrio, ou próximo a ele, conforme estabelece a 2ª Lei da Termodinâmica. Essa aparente aporia, qual seja: o fato de que um pequeno detalhe casual possa ser fonte causal de informação organizada; é o fundamento conceitual da metáfora<sup>3</sup> “o bater de asas de uma borboleta no Japão pode afetar o tempo aqui no Brasil”: todos os estados possíveis devem ser considerados, e não apenas os mais prováveis.

Em segundo lugar, ela ganha importância epistemológica exatamente por ter esse caráter de aparente aporia, pois essa contradição de fato não existe porque, como já enfatizamos, a 2ª Lei da Termodinâmica só é válida para estados de equilíbrio do sistema,

---

<sup>3</sup> Neste momento (08/04/2020) em que faço minha última revisão deste texto, estamos todos em total isolamento social por conta do pandemônio causado pela pandemia do novo coronavírus. E assim, ao reler minha referência acima à metáfora “o bater de asas ...” não posso deixar de registrar que o seu significado simbólico já está sendo superado pela veemência dos fatos em curso: “o surgimento de um novo vírus em Wuhan na China vem causando milhares de mortes diárias, isolamento social de bilhões de pessoas em suas casas, além de derrubar a economia de todos os países do planeta. Etc.”

enquanto o alcance das ideias postas por Shannon e Weaver (1949) está justamente em chamar a atenção para a necessidade de se observar também os estados de um sistema fora do equilíbrio. Ou seja, eles nos alertam que o nosso contato com a realidade é feito através de “janelas de conhecimento e não através de um telão com visão panorâmica de 360°”. O que o cientista observa, em geral, é apenas um recorte do todo e há vários outros recortes a serem considerados.

Coube à Ilya Prigogine e à Jacques Monod – ambos laureados com o Prêmio Nobel – mostrar a existência de fenômenos naturais estruturantes, a saber: aqueles que provocam aumento da ordem e não da desordem. Prigogine estudou os turbilhões que ocorrem longe do equilíbrio em sistemas termodinâmicos; Monod debruçou-se por longos anos estudando a origem da vida através da biologia molecular. Tais descobertas contribuíram para chamar a atenção para o fato de que os modelos até então construídos para representar os sistemas naturais ainda eram muito idealizados, pois utilizavam situações de estudo muito simplificadas, como por exemplo, sempre muito próximas do estado de equilíbrio. Quando mudaram essa perspectiva e passaram a considerar situações mais complexas, logo viram diante de si novos e inesperados fatos. Citando Prigogine e Stengers (1979):

[...] a perspectiva científica atual oferece-nos uma imagem muito diferente do modelo mecanicista do 'mundo-relógio': os processos irreversíveis voltam a por em jogo as noções de estrutura, função, história. Nesta nova perspectiva, a irreversibilidade é fonte de ordem e criadora de organização. Por isso, o mundo do homem não deve considerar-se uma exceção marginal do universo: sob o signo da recuperação da importância do tempo e dos processos irreversíveis pode reconstruir-se uma nova aliança entre o homem e a natureza.

Concluindo esta análise retrospectiva da relação entre o sujeito-observador (S) e o objeto-observado (O) na investigação científica, tendo o movimento como objeto de estudo, foi possível verificar que o isolacionismo entre o sujeito e o objeto, seja com o protagonismo de um ou de outro, começou a ser questionado no séc. XVIII com a constatação da irreversibilidade dos fenômenos naturais (existência de uma seta do tempo) para o caso do movimento formado por muitas partículas quando observado no equilíbrio. Em seguida, esse questionamento foi aprofundado, na virada do séc. XIX / XX pelo relativismo introduzido, respectivamente, pelo princípio da incerteza no estudo do movimento de partículas microscópicas e pela relatividade das medidas de espaço e de tempo observada no estudo de partículas em movimento muito rápido comparado com o movimento da luz. E, por último (isto é, até agora!), a partir da metade do século passado definitivamente “rompeu-se a velha aliança” entre o investigador e o objeto investigado que, presumidamente, apenas responde passivamente às indagações do investigador, sendo então substituída por uma nova aliança, nos termos da citação de Prigogine e Stengers transcrita justamente acima.

A transformação da velha para nova aliança no processo de investigação científica foi denominada por Prigogine e Stengers (1979) como uma verdadeira metamorfose no processo de investigação científica. E o alicerce conceitual da nova aliança é a chamada teoria da complexidade, cujos fundamentos são os trabalhos contemporâneos e

complementares<sup>4</sup> referentes à:

- i. Nova teoria da informação e comunicação proposta por Shannon e Weaver (1949) quando se demonstrou que o chamado ruído entre a fonte (objeto-observado) e o receptor (sujeito-observador) era, de fato, parte da informação relevante;
- ii. A origem da vida tendo como referência os trabalhos de Jacques Monod em biologia molecular;
- iii. A irreversibilidade - não dissipativa, mas criativa e estruturante – em sistemas termodinâmicos fora do equilíbrio, resultados das pesquisas realizadas por Ilya Prigogine.

Esses três brilhantes cientistas tiveram, ainda, o mérito de perceber que suas descobertas não se aplicavam apenas aos sistemas físicos ou biológicos. Na verdade, elas se aplicavam a todo o tipo de sistema (sociais, históricos etc.). E assim pode-se dizer que eles também anteviram as devastadoras mudanças em várias áreas do conhecimento que se seguiriam a essa metamorfose. Só recentemente ( de uns 70 anos para cá), a existência desses fenômenos fora do equilíbrio tornaram-se mais visíveis e sensíveis a todos nós por conta, de um lado, das alterações de percepção espacial e temporal da realidade provocada pela aceleração da velocidade do fluxo de informações e, de outro, da importância que isso passou a ter para os principais agentes envolvidos (econômicos, políticos, sociais, ideológicos etc.), dado o potencial de manipulação que, sob essas circunstâncias, eles passaram a ter sobre os sistemas.

Antes, quando a informação fluía de forma muito mais lenta, estávamos todos habitantes do planeta sempre ‘muito perto do equilíbrio’ e não percebíamos o efeito transiente dessas pequenas perturbações ou singularidades e, conseqüentemente, prevaleciam no nosso modelo conceitual as regras gerais existentes. Mas agora, com a informação praticamente fluindo em tempo real pelas diversas vias do Info-espço, tudo e todos se tornaram muito mais sensíveis aos efeitos das circunstâncias possíveis, em detrimento dos fatos mais prováveis que instanciam as regras gerais existentes.

Assim, a metamorfose do pensamento científico vem contribuindo para grandes mudanças no mundo nos últimos 200-300 anos, mas de forma mais acelerada e intensa de uns 70 anos para cá, um fenômeno que vem sendo cunhado de globalização. É notável, na área das ciências, a explicação acerca da origem da vida pela biologia molecular. Quanto à área socioeconômica, é de uma evidência solar o fenômeno da globalização dos mercados cuja expansão está estreitamente associada ao desenvolvimento das tecnologias de informação a qual, por sua vez, alargou o horizonte da comunicação planetária favorecida pelo surgimento dos microcomputadores pessoais e da internet comercial. Na atual conjuntura social, pessoas de todas as partes do planeta podem trocar informações em uma velocidade nunca imaginada. Notícias são divulgadas através de diferentes mídias: impressos, TV, rádio, internet, celular, redes sociais, satélite, se não ao vivo, apenas com um breve intervalo entre o ocorrido e a reportagem veiculada.

Em realidade, a natureza complexa da natureza revelada pelo fenômeno da

---

<sup>4</sup> Shannon não foi laureado com o Prêmio Nobel, mas certamente merecia.

globalização vem ainda sendo interpretada de forma polissêmica por diferentes autores, conforme destaca Almeida (2004). Por exemplo, de acordo com Lévy (2003):

foi preciso apostar todas as fichas na lógica matemática que culminou na construção de um cérebro eletrônico (o computador) para se constatar que a hominização do ser humano vai muito além da sua capacidade técnica racional matemática de pensar, sendo necessários também a linguagem, a arte, a religião e outros instrumentos antropológicos.

Contudo, ele reconhece que o computador (ao qual prefere se referir metaforicamente como ciberespaço) é um lócus fértil de convergência desses atributos para elevar o espírito humano à condição de um consciente coletivo perfeito, algo como o filósofo francês Teilhard de Chardin (1881-1955), em sua obra “O fenômeno humano”, cunhou de “noosfera”, ou como o filósofo alemão Georg Hegel (1770-1831) em sua obra “A fenomenologia da evolução do espírito humano” (vide quadro na introdução da seção 2), denominou de “espiritualidade total e absoluta”.

Após uma breve análise do milenar processo evolutivo da natureza do pensamento científico, podemos resumir que houve uma transformação sucessiva – mas não linear nem cumulativa – segundo quatro grandes paradigmas envolvendo a relação sujeito-objeto. Nas palavras e argumentos de Prigogine, houve uma ruptura epistemológica entre o 2º e o 3º pela substituição do monólogo entre o Homem e a natureza por uma relação dialógica, marcando a fronteira entre a ciência clássica e a ciência moderna/pós-moderna.

E o que virá a seguir? Qual a próxima janela da natureza que a nossa consciência coletiva será capaz de descortinar? Isto nós ainda não sabemos, mas como nos alerta os versos que abrem este texto, do poeta espanhol Antonio Machado, só saberemos o caminho caminhando...

### **3 Pesquisa (IE) em tempos pós-modernos**

Nesta seção, quero retornar ao início deste texto quando afirmei que faria uma reflexão epistemológica visando contribuir para a melhoria dos trabalhos de pesquisa em Informática na Educação (IE).

A área de IE, hoje com seus cinquenta anos, já nasceu com o DNA do paradigma pós-moderno de bases complexas que, como vimos na seção 2, norteiam as pesquisas científicas atuais de ponta. O seu caráter transdisciplinar que ostenta no próprio nome (informação=desconhecimento e educação=conhecimento) e outras características que lhe são próprias decorrem desse paradigma. A questão do tempo, da cultura, da interatividade, para citar apenas alguns; fazem com que a investigação transcorra sobre uma realidade em constante movimento de mutação e de inovação, a qual, segundo Lévy (2003), se amalgamam em uma cibercultura instanciada pelo advento das tecnologias da informação e da comunicação.

Hoje em dia já são inúmeros os projetos de informática aplicada à educação que deixam esta relação umbilical exposta, tais como: (i) o uso da Inteligência Artificial (IA) como tecnologia educacional (p.ex., a robótica educacional) coloca em destaque a indissociabilidade entre o sujeito e o objeto da pesquisa; (ii) o uso da realidade virtual

(RV) e da realidade aumentada (RA) em mundos virtuais para a educação nos oferece a possibilidade de se lidar com diferentes níveis de realidade (p.ex.: simulação do ecossistema da Floresta Amazônica); (iii) e o que dizer das inúmeras experiências criativas e bem sucedidas já relatadas na literatura sobre o uso de redes sociais em educação, que vêm contribuindo para a formação do consciente coletivo?

Portanto, não se pode ignorar as características fundamentais do paradigma complexo quando se planeja todas as etapas de uma pesquisa em IE, quer dizer: desde a definição do objeto de estudo, passando pelas questões de pesquisa, escolha das unidades de observação e de instrumentos, e concluindo com a aplicação cuidadosa dos métodos de obtenção e de análise dos dados. A não observância desse preceito seria um erro grave, pois é obrigação do pesquisador demonstrar, na realização do seu trabalho, que possui uma visão geral da área de conhecimento em que atua. Por outro lado, também seria um equívoco achar que uma pesquisa em IE só teria valor se operasse no limite draconiano estabelecido pelo paradigma atual. Na prática, podemos nos permitir ter um olhar menos rígido, desde que não percamos de vista o olhar estrito, pois é sempre o paradigma que dá o rumo para a sua compreensão sistêmica. Contudo, esta relativização não deve ser encarada como um “ôba-ôba”.

Observe que o surgimento de novos paradigmas são novas janelas que se abrem, mas que de modo algum fecham as que já existem. Por exemplo, mesmo na Física, que é tida como uma “ciência dura”, são inúmeras as situações de pesquisa em que ainda se trata o objeto de estudo totalmente isolado do observador, quer dizer, ainda com uma abordagem positivista. A mecânica newtoniana só não funciona bem quando os objetos de estudo são corpos microscópicos ou corpos com movimentos muito rápidos, que não atendem os limites estabelecidos pelo paradigma da física moderna, mas ela é ainda insubstituível para descrever o movimento dos corpos macroscópicos, tais como os corpos celestes. E o que dizer, também, dos traços do pensamento aristotélico que são encontrados nas diferentes áreas das ciências até os dias de hoje, inclusive no chamado pensamento espontâneo das crianças sobre o mundo físico. Como se vê, a flexibilização do paradigma é necessária e justificável no dia a dia do pesquisador que, contudo, deve obedecer a uma relação de compromisso consciente entre os dois extremos: rigor absoluto e flexibilização não justificada.

Da mesma forma, e desde que previamente justificado, são igualmente aceitáveis nas pesquisas em IE tanto os métodos que preveem uma imersão muito intensa do pesquisador no seu objeto de estudo, como por exemplo aqueles preconizados pela etnometodologia, quanto os métodos que perseguem observações sob condições extremamente controladas e pretensamente neutras, como seria o caso de um experimento comparando alunos segundo uma variável de interesse, usando um grupo experimental e um grupo controle.

Ainda dentro dessa linha da relativização justificada, é preciso destacar que não há espaço para uma querela (ou seria guerra!) entre os métodos “Quantitativos vs. Qualitativos”, pois cada um ao seu modo tem um valor intrínseco sob qualquer paradigma, quando utilizado com competência e conhecimento de causa, quer dizer: um professor não pode ensinar aquilo que ele(a) não sabe; um pesquisador que não compreende porque a temperatura de 40° C (Celsius) não corresponde ao dobro da temperatura de 20° C não pode trabalhar com pesquisas quantitativas; da mesma forma,

quem nunca leu ou praticou o suficiente sobre técnicas observacionais não pode fazer pesquisas qualitativas, onde se requer a imersão do pesquisador em uma situação real.

Há mais um aspecto relacionado às mudanças paradigmáticas que, a meu ver, deve ser observado, sobretudo por aqueles que são contemporâneos com essas mudanças, como é justamente a situação atual que estamos vivendo. Refiro ao conceito de incomensurabilidade dos paradigmas que Kuhn (1962), em sua obra “A Estrutura das Revoluções Científicas”, para expressar o dissenso que se estende ao longo de um certo período revolucionário denominado por ele de “Ciência Extraordinária”. Grupos de pesquisa deixam de se entender e, até mesmo, tornam-se inimigos viscerais simplesmente porque não acreditam e não usam mais o mesmo ferramental conceitual e hermenêutico. E essa incomensurabilidade se agrava quando lidamos com circunstâncias que nos colocam em situações totalmente fora do equilíbrio: sejam aquelas geradas por um turbilhão de informações que se espalha rapidamente nas redes sociais, algumas sendo verdades de fato, outras apenas ilações meramente subjetivas tiradas a partir de fatos (“pós-verdades”) e, até mesmo, outras sendo informações maliciosamente manipuladas (boatos ou “fakes”); ou também, por aquelas situações desequilibradoras – que vêm sendo denominada “realidade aumentada” –, geradas quando a realidade natural é misturada com uma realidade produzida virtualmente por TI.

Sentindo-se confusas no meio de tudo isso, é natural que as pessoas tendam a buscar uma saída de emergência que, rapidamente, lhe faça sentir confortável, segura e reequilibrada novamente. Como a questão-chave por trás de toda essa confusão mental é exatamente a velocidade com que essas informações chegam e vão, sendo logo substituídas por outras, o risco que se corre de se juntar a alguns grupos ou de rejeitar outros de uma forma precipitada, pouco racional, dogmática ou, até mesmo, por mero fanatismo, torna-se bastante significativo. Hoje, já vemos esse fenômeno ocorrer no nosso dia a dia, como por exemplo: entre aqueles que defendem/rejeitam a responsabilidade direta dos seres humanos na aceleração do processo de mudanças climáticas, ambos acreditando que dispõem de argumentos científicos para tal; ou ainda, entre aqueles que acreditam no evolucionismo de Darwin ou no criacionismo. Essa incomensurabilidade tem uma latência (duração do tempo-presente) que depende da história passada (tempo-passado) de cada um (indivíduo, área de conhecimento, cultura etc.).

Por fim, se somos de fato uma entidade “sujeito-objeto” única e indissociável como preconiza o paradigma atual da ciência que nos coloca, não apenas, “como descendente dos macacos, mas também – se formos mais distante – de um grão de areia”, então mais do que nunca não podemos esquecer de estabelecer com o nosso objeto de estudo uma relação verdadeiramente dialógica que deve existir entre iguais, abandonando a postura assimétrica e arrogante de “senhor versus escravo”, mas sem perder a nossa condição humana que passa pela razão, atitudes de coração (conativas) e pela paixão. Essas últimas recomendações têm motivação em Ilya Prigogine, respectivamente por meio de seus textos “A Nova Aliança” e “Ciência, Razão e Paixão”.



## 4 Exemplo Ilustrativo

Após muitas leituras e discussões, Alex e seu grupo entenderam que uma maneira de explicar o aparecimento dos paradigmas que norteiam a pesquisa científica é através da relação que se estabelecia entre o sujeito-observador e o objeto-observado, e que as transformações nessa relação estão associadas aos acontecimentos políticos, sociais e econômicos de cada época. Assim, ficou mais fácil para ele compreender que a maneira que já conhecia de fazer pesquisa, com prevalência dos dados positivos e das observações controladas, é apenas um dos paradigmas de pesquisa que fora estabelecido a partir do “século XVI, caracterizado pelo raciocínio lógico-experimental indutivo-hipotético-dedutivo”, e que “tal metodologia pressupõe uma total objetividade no processo investigativo, separando o sujeito da investigação do seu objeto de estudo, transformando a ciência em um monólogo do Homem com a natureza com o objetivo de revelar a sua verdade, presumidamente externa a ele”. Entendeu também que, desde o século passado, ocorreu uma ruptura com esse modo hegemônico de se fazer pesquisa, em razão do reconhecimento fático da impossibilidade de se manter dissociados o sujeito-observador do objeto de estudo, seja no nível epistemológico (idealismo vs. realismo) ou psicológico (subjetivismo vs. objetivismo), sendo agora imprescindível considerar e compreender a subjetividade dos participantes e do pesquisador, bem como compreender o complexidade do fenômeno no contexto em que ele ocorre. Alex e seu grupo compreenderam também que o surgimento de uma nova forma de fazer pesquisa não implica no desaparecimento das formas já existentes, portanto, realmente, não existe uma única forma de fazer pesquisa como acreditava inicialmente. Alex e seu grupo ainda não sabem como devem utilizar na prática toda essa informação relevante. Esse posicionamento, precisará ser definido com mais estudos e em parceria com seu/sua orientador/a, provavelmente, tendo como referência o seu projeto de pesquisa.

## 5 Resumo

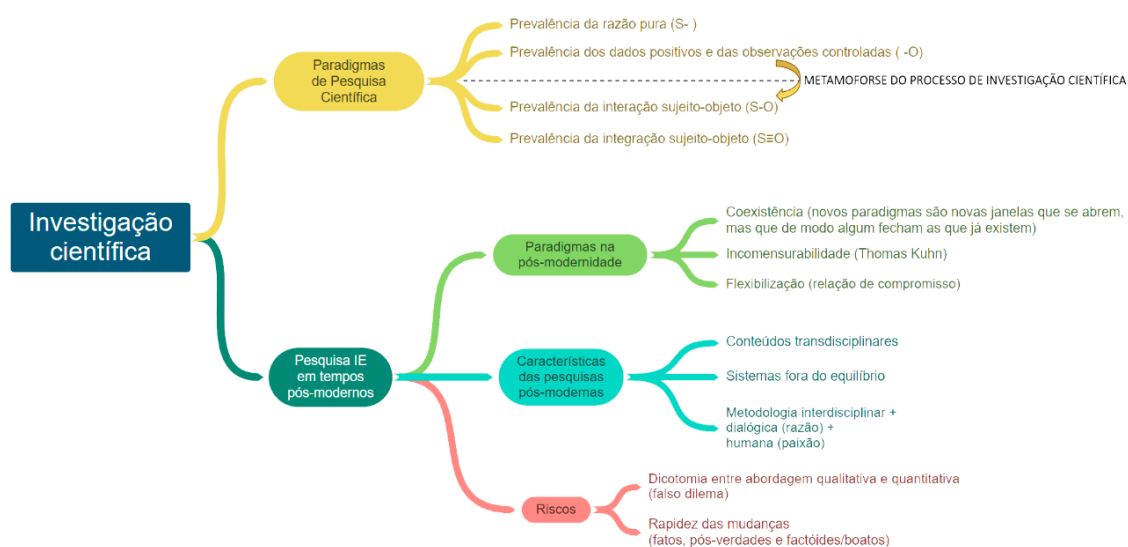


Figura 3: Mapa mental resumindo o conteúdo deste capítulo

Neste texto é analisada a evolução do pensamento científico ao longo do tempo sob o ponto de vista da relação entre o sujeito-observador e o objeto de estudo observado, constatando-se uma transformação não linear nem acumulativa segundo quatro paradigmas, sendo que o corte epistemológico ocorrido entre o 2º e o 3º paradigmas representou uma verdadeira metamorfose na forma de fazer ciência, tornando-a mais dialógica entre o Homem e a Natureza, a qual todos pertencemos. A conclusão é que o pensamento científico atual é regido pelo paradigma da complexidade que preconiza uma indissociabilidade entre o pesquisador e o seu objeto de estudo, bem como, que a observação de natureza científica não resulta de fatos determinados, nem de fatos mais prováveis, mas sim, daqueles que englobam todas as possibilidades. Espera-se que a partir desta compreensão, os pesquisadores de IE possam definir melhor o alcance (eficácia) e limites (efetividade) de suas pesquisas.

## 6 Leituras Recomendadas

- **Para além da Globalização e do Desenvolvimento: Sociedade Mundo ou Império Mundo?** (MORIN, 2003a). Morin compara o processo de globalização atual em nível planetário, com aquele promovido pelos navegantes europeus do Séc.XVI que ampliaram o horizonte do mundo escravizando nativos das terras ‘descobertas’. reflete sobre os efeitos colaterais desta fase técnico-econômica da sociedade globalizada que integra mercados e produtos, culturas, mas que, a exemplo da primeira, não contempla “uma cidadania terrestre”. A partir da análise de fatos ocorridos nos últimos 20 anos, ele discorre pela necessidade de um movimento em prol de uma política de humanidade, na qual ele próprio não deposita muita esperança. Contudo, inspirado na experiência com outros sistemas complexos conclui que acredita na esperança na desesperança, ou seja, a possibilidade de uma irreversibilidade criativa que fará o próprio sistema mudar o seu curso na história.
- **Globalização: As Consequências Humanas** (BAUMAN, 1999). Filósofos, sociólogos e psicólogos já vêm estudando há algum tempo a globalização e a paradoxal dicotomia sincrônica entre “Globalização & Individualização”, como o artigo acima recomendado exemplifica. Hoje em dia estes fatos já são tão evidentes que podem ser constatados cotidianamente nos noticiários e nas mídias sociais, como por exemplo o surgimento de movimentos neonacionalistas xenófobos contrários ao fluxo de pessoas (a cidadania terrestre proposta por Morin). Nesta obra, Bauman oferece uma interessante discussão sobre essa questão.
- **O Método 1: a natureza da natureza** (MORIN, 2003b). Trata-se do primeiro volume de uma série de cinco, no qual Morin apresenta os pressupostos que norteiam uma pesquisa de bases complexas, que deve valorizar o todo sistêmico sem desprezar as partes, a importância do diálogo, o papel do outro, enfim, tudo que não mutila a ideia de uma realidade em constante movimento de mutação. É um texto duro e, de preferência, deve ser lido e discutido em um grupo de estudo. Suas ideias sobre complexidade, expostas em suas obras e conferências, o colocam como a principal filósofo, sociólogo da atualidade sobre esse tema.

- **Criatividade da natureza, criatividade humana (PRIGOGINE, 2003).** Neste artigo Prigogine discute a questão da criatividade da natureza, primeiramente, fazendo uma comparação com a criatividade humana tendo o movimento em direção ao futuro como ponto de convergência. Esse movimento criativo é feito à base de acontecimentos, ou seja, de algo não previsível: as fases da lua seguem leis previsíveis e assim não são acontecimentos e não trazem nenhuma criatividade, como também não trazem as leis da mecânica determinista de Newton. Enfim, Prigogine faz várias comparações entre a criatividade nas ciências, nas artes e, mesmo entre áreas das ciências para mostrar que a criatividade reside nas singularidades e não nas regularidades, nas situações possíveis que existem fora do equilíbrio e não naquelas mais prováveis que ocorrem no equilíbrio
- **Ciência Razão e Paixão (PRIGOGINE, 2009)** Segundo as palavras do autor, ele irá tratar nesse texto “o papel desempenhado pela paixão e, mais genericamente, pelos elementos irracionais no processamento do conhecimento”. Ou seja, discute que a ciência não é prisioneira da razão, valendo-se de uma argumentação sólida, inclusive, usando exemplos tirados da própria ciência. Não se trata aqui de destacar as descobertas por acaso (fortuitas) do tipo conhecido na literatura como “Serendipity”, mas sobretudo do papel da cultura no processo de investigação científica.

## 7 Exercícios

1. (Baseado na Seção 1) Há na natureza grandezas que são propriedades de um objeto e que ajudam a defini-lo (p.ex., massa, volume, etc.), mas há outras que representam uma interação envolvendo o objeto (p.ex., a inércia) que só se manifestam enquanto existir uma ação “sobre, entre ou através dele” (no caso da inércia, a ação seria a tentativa de alterar o seu movimento!). Pensando na área de IE, tente definir pelo menos duas grandezas que só teriam significado quando há um processo em andamento.
2. (Baseado na Seção 2.1) Dê ao menos um exemplo de uma possível conclusão “falso-positiva” obtida por dedução lógica na área de pesquisa em IE.
3. (Baseado na Seção 2.2) Pesquise sobre “A Lógica da Pesquisa científica (Karl Popper) para refletir sobre o seu conceito de verdade científica, expressa resumidamente por ele através da seguinte frase: “..uma boa teoria científica é aquela que traz a semente de sua própria destruição.”
4. (Baseado na Seção 2.3) Busque na Internet informações sobre a experiência mental conhecida como “O Gato de Schrödinger”, proposta em 1935 pelo físico austríaco Erwin Schrödinger (1987-1961) para ilustrar o caráter incerto (probabilístico) das observações quânticas.
5. (Baseado na Seção 2.4) Assistir o filme “Mindwalk” <<http://despertarcoletivo.com/mindwalk-o-ponto-de-mutacao/>> baseado no livro “O Ponto de Mutação” de Fritjof Capra (que é conhecido também pelo livro “O Tao da Física”) e brilhantemente traduzido para o cinema pelo diretor Bernt Capra (irmão do escritor). Em seguida, discutir o filme

em grupo.

## Referências

- ALMEIDA R.R. **Sociedade Bit da Sociedade da Informação À Sociedade do Conhecimento**. São Paulo: Editora Fomento, 2004.
- BAUMAN Z. **Globalização - As Consequências Humanas**. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 1999.
- CRUZ COSTA J. Augusto Comte e as Origens do Positivismo. *Revista de História*, v. 1, n. 3, p. 363-382, 1950. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revhistoria/article/view/34860>>.
- HEGEL, G. W. F. **Fenomenologia do Espírito**. Porto Alegre: Editora Vozes, 2007.
- KHUN, T. A. **Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1962. (Vide “<http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/structure-sintese.htm>”, por Chibeni S.S.)
- LANG, F. **A Filosofia de Karl Popper e suas implicações no Ensino de Ciências**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 6(2), pag.148-162, Agosto, 1989. Disponível online: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/84999/000014819.pdf?sequence=1>> Acesso em janeiro 2020
- MONOD, J. **O Acaso e a Necessidade**. Porto Alegre: Editora Vozes, 1971.
- MORIN, E. **O Método 1- a natureza da natureza**. Porto Alegre: Editora Sulina, 2003b.
- MORIN, E. Para além da Globalização e do Desenvolvimento: Sociedade Mundo ou Império Mundo? In: CARVALHO, E. A.;\_MENDONÇA, T. (Org.). **Ensaio de Complexidade 2**. Porto Alegre: Editora Sulina, 2003a.
- NICOLESCU, B. Fundamentos Metodológicos do Diálogo Transcultural. In: CARVALHO, E. A.;\_MENDONÇA, T. (Org.). **Ensaio de Complexidade 2**. Porto Alegre: Editora Sulina, 2003.
- PRIGOGINE I.; STENGERS I. **A Nova Aliança**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1984.
- PRIGOGINE, I. **Ciência Razão e Paixão**. São Paulo: Livraria da Física, 2009.
- PRIGOGINE, I. Criatividade da natureza, criatividade humana. In: CARVALHO, E. A.; MENDONÇA, T. (Org.). **Ensaio de Complexidade 2**. Porto Alegre: Editora Sulina, 2003.
- SAMPAIO, F.F, PIMENTEL, M., SANTOS, E. Padrões de desenho didático para capítulos dos livros da série “Informática na Educação” da CEIE/SBC. Documento online:<<http://ieducacao.ceie-br.org/>> Acesso em 8 abr. 2020.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication**. Champaign: University of Illinois Press, 1963.

## Agradecimentos

O presente texto foi submetido pelo autor em 2018 e, desde então, passou por diversas revisões e aperfeiçoamentos por colegas e profissionais do ramo editorial, a quem registro meus agradecimentos. Contudo, quero especialmente agradecer ao colega Mariano Pimentel pela maneira profissional com que exerceu seu papel de Editor, contribuindo concretamente no conteúdo e na forma para que o presente texto se aproximasse dos objetivos editoriais da obra e de seu público-alvo.

## Sobre o autor



### **Marcos da Fonseca Elia**

<http://lattes.cnpq.br/7271887512757562>

Bacharel em Física pela UnB (1969), Mestre em Ciências Físicas pelo CBPF (1974) e Ph.D. em Educação para Ciências no CMSE -Univ. de Londres (1981). Professor Adjunto do Instituto de Física da UFRJ (1974-1996). Professor do SENAI/CETIQT (1997-2000). Professor do PPGI da UFRJ (2001-2013). Na carreira universitária, participou e coordenou diversos projetos de pesquisa; orientou cerca de trinta dissertações de mestrado e três teses de doutorado; foi membro de diversos Conselhos Acadêmicos e exerceu alguns cargos executivos na Administração Universitária. Áreas de interesse: Ensino de Física, Informática na Educação e Avaliação da Aprendizagem.