

The background of the cover features two portraits. On the left is a portrait of a woman with dark hair, wearing a dark top. On the right is a portrait of a man with a full white beard and mustache, wearing a dark suit and a white shirt with a dark tie. The portraits are slightly faded and overlap each other.

MÉTODO CIENTÍFICO: UMA INTRODUÇÃO

- O DESAFIO DE SER CIENTISTA -

Edval J. P. Santos, PhD

Primeira Edição,
EJPS, Recife (2018)
ISBN: 978-85-924541-0-4

Copyright ©2018 EJPS.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte dessa obra pode ser reproduzida separadamente. Todos estão autorizados a distribuir gratuitamente a obra completa por qualquer meio.

Santos, Edval J. P.

Método científico: uma introdução / Edval J. P. Santos.

- 1^a Edição - Recife: EJPS, 2018.

100 p. Formato eletrônico.

ISBN: 978-85-924541-0-4

1. Método científico. 2. Ética em ciência. 3. História da ciência.

Todo esforço foi empreendido para eliminar os diversos tipos de erros, mas não nos responsabilizamos por aqueles que ainda permanecem. A leitura crítica é imprescindível.

Sumário

Sumário	3
I Hipótese	15
1 Conceitos básicos	16
1.1 Conhecimento empírico	18
1.2 Conhecimento teológico	18
1.3 Conhecimento filosófico	19
1.4 Conhecimento científico	21
1.5 Conhecimento tecnológico	22

2	Elaborando a hipótese	24
3	Método científico	27
3.1	Materiais e métodos	35
4	Organização do relatório	36
4.1	Artigo científico	38
4.2	Dissertação da tese	38
5	Ética em ciência	41
5.1	Exemplos de falta de ética	44
II	História	46
6	Noções de história da ciência	47
7	As mais belas experiências científicas	55
7.1	Plano inclinado - Galileu Galilei . . .	57
7.2	Coração - William Harvey	60
7.3	Cor - Isaac Newton	63
7.4	Combustão - Antoine-Laurent Lavoisier	66
7.5	Bioeletricidade - Luigi Galvani	68

7.6	Eletromagnetismo - Michael Faraday	70
7.7	Calor - James Joule	72
7.8	Velocidade da luz - Albert Michelson	74
7.9	Reflexo condicionado - Ivan Pavlov .	76
7.10	Carga elétrica - Robert Milikan	78
8	Mais experiências científicas	80
8.1	A Terra é uma esfera	81
8.2	A Terra gira	83
8.3	Descoberta do grafeno	84
9	Cientistas brasileiros	85
9.1	Bioeletrografia - Padre Landell	85
9.2	Doença de Chagas - Carlos Chagas .	87
III	Criatividade	88
10	Bloqueio mental	89
10.1	Sectarismo	91
10.2	Final	94

Prolegômenos

As primeiras tentativas documentadas de compreensão da Natureza ocorreram na Mesopotâmia. Nessa região, há cerca de 6000 anos atrás, surgiu a primeira grande civilização urbana, a civilização Suméria. Inúmeras observações de fenômenos naturais, como diversos planetas, e a invenção de diversas tecnologias, incluindo a escrita, a irrigação e a roda, são atribuídas a essa civilização. Eles também criaram as primeiras escolas. O conhecimento mesopotâmico influenciou as antigas civilizações egípcia e grega. As primeiras instituições de estudos avançados, as primeiras

academias, foram criadas pelos gregos. As primeiras instituições de nível superior, as primeiras universidades, foram organizadas no mundo persa e árabe.

Nativos, gregos e etruscos formaram a base do povo romano. A partir do século quarto depois de Cristo, o império romano do ocidente se desorganizou e a Europa entrou em declínio, sendo dominada por tribos bárbaras atrasadas, que nem tinham desenvolvido a escrita ainda. No entanto, a partir do século décimo ocorre o declínio do império romano do oriente, o império Bizantino, culminando com a queda de Constantinopla em 1453. O declínio e queda do império romano do oriente resultou em grande fuga de cérebros para a Europa, para o que restava do império romano do ocidente, o que levou ao renascimento europeu, a partir do século XIV!

Durante o período entre a queda do império romano do ocidente e a queda de Constantinopla, o desenvolvimento científico e tecnológico é dominado por árabes e persas. Bagdad no Iraque chegou a ser um dos mais importantes centros de ciência. No entanto, com o renascimento europeu, a história, con-

tada por europeus, tende a omitir essa importante contribuição.

Esse pequeno livro é uma breve introdução ao método científico - o que deve ser feito para realizar uma investigação científica. Ele está dividido como segue:

- Conceitos básicos.
- Elaborando a hipótese.
- Método científico.
- Organização do relatório.
- Ética em ciência.
- Noções de história da ciência.
- As mais belas experiências científicas.
- Mais experiências científicas.
- Cientistas brasileiros.
- Bloqueio mental.

Ele foi inicialmente preparado para uma disciplina de metodologia, que é o estudo do método.

Sugestão de leitura

Há diversas sugestões de leitura para ajudar o leitor a pensar criticamente. Sendo a primeira sugestão *Diálogos de Platão: o sofista*. Para não se perder em utopias, recomenda-se a distopia *1984* de George Orwell (pseudônimo de Eric Arthur Blair). Pode-se também recomendar o filme *Brazil* de Terry Gilliam.

- Platão, *O sofista - diálogo*. Golden Books, São Paulo, 2005.
- P. B. Medawar, *Conselho a um jovem cientista*. Editora da UnB. Brasília, 1982.
- René Descartes, *Discurso do método*. Col. L&PM Pocket. Porto Alegre, 2005.
- Richard P. Feynman, Ralph Leighton, *Surely you're joking, Mr. Feynman! Adventures of a curious character*. W. W. Norton. 1985.

- Federico A. A. Mella, *Dos sumérios a Babel*, Hemus, 1979.
- Sidney Harris, *You want proof? I'll give you proof*. W. H. Freeman & Co, 1990.
- George Johnson, *The ten most beautiful experiments*. Randon House Inc. Nova Iorque, 2008.
- James L. Adams, *Conceptual blockbusting: a guide to better ideas*. Basic Books, 3^a Edição. Cambridge, 1986.
- George Orwell, *1984*, Companhia das Letras. São Paulo, 2009.

Infelizmente a escola brasileira funciona como um rolo compressor de cérebros. Nossas universidades são dominadas por corporações, seja de professores, de funcionários ou de estudantes. Essas corporações buscam maximizar seus ganhos particulares em detrimento da instituição. Como consequência, não têm compromisso com a formação de mentes criativas e

de fato inovadoras. Assim, nossa escola foge do que deveria ser sua principal função. Ela não estimula o pensamento criativo e crítico. O estudante curioso dos primeiros anos da escola é gradativamente transformado em um colecionador temporário de informações, as quais ele não compreende, mas é suficiente para passar nos exames. Talvez seja o resultado desejado por uma elite financeira brasileira cuja maior preocupação é enriquecer e voltar para Lisboa, Paris ou Orlando.

A escola brasileira é a escola da mentira: o professor finge que ensina, e o aluno finge que aprende.

– Darcy Ribeiro

Essa percepção já tinha sido apresentada anteriormente. De acordo com Richard Feynman, a universidade brasileira apenas parece que é.

Since I had gone to Brazil under a program sponsored by the United States Government, I was asked by the State Department to write a report about my

experiences in Brazil, so I wrote out the essentials of the speech I had just given. I found out later through the grapevine that the reaction of somebody in the State Department was, “That shows you how dangerous it is to send somebody to Brazil who is so naïve. Foolish fellow; he can only cause trouble. He didn’t understand the problems.”

Quite the contrary! I think this person in the State Department was naïve to think that because he saw a university with a list of courses and descriptions, that’s what it was.

Como fui para o Brasil sob o patrocínio de um programa do governo dos Estados Unidos, foi solicitado pelo departamento de estado que eu escrevesse um relatório sobre minhas experiências no Brasil, assim eu escrevi um resumo da palestra que acabei de dar. Descobri depois que a reação de alguém do departamento de estado foi, “isso demonstra o quão perigoso é enviar alguém para o Brasil que é tão ingênuo. Sujeito tolo, ele só pode causar dificuldades. Ele não compreendeu os problemas”.

É bem o oposto! Eu acho que essa pessoa no departamento de estado era ingênuo o suficiente para achar que pelo fato dele ter visto uma universidade com uma lista de disciplinas e ementas, que aquilo era de fato uma universidade.

– *Richard P. Feynman*

O objetivo desse livro é ajudar o leitor a adquirir uma compreensão elementar do método de Galileu ¹. Provocar a mente do leitor. Foi inicialmente escrito para o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco.

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB) na UFPE busca promover a sinergia entre engenheiros, profissionais da área de saúde e cientistas para investigar diversas questões relacionadas com as funções do corpo humano (anatomia e fisiologia) e sua patologia, desenvolvendo novas tecnologias para melhorar a saúde humana. Trata-se de um programa interdisciplinar em que se aplica de maneira inovadora as diversas técnicas da engenharia, da biologia, da computação, da medicina e da ciência aplicada, promovendo novas estratégias para aumentar a qualidade da saúde humana através do desenvolvimento de sensores, sistemas biomédicos, ferramentas computacionais e outros produtos. Assim, o objetivo maior é contribuir para a melhoria da saúde humana.

¹ Galileu Galilei

O ensino de ciências, enfatizando o método científico, é essencial para que se crie as condições para o surgimento de uma sociedade mais justa e tecnologicamente avançada. O método científico ajuda a formar um cidadão capaz de realizar análise crítica construtiva e que respeita a divergência. Ele estimula a ser criativo na busca de soluções, seja de problemas científicos ou tecnológicos, assim como de problemas do cotidiano. Evitando que o indivíduo seja transformado em um simples consumidor manipulável.

Esse livro foi escrito em um Raspberry Pi 3, utilizando LaTeX/TeXworks. Muitas informações foram inicialmente coletadas na Wikipedia. A diagramação em formato de livro eletrônico fez uso do arquivo LaTeX desenvolvido por Luis Cobo, modificado por Vel. Somos eternamente gratos.

Recife, fevereiro de 2018.

Edval J. P. Santos, Ph.D.

Parte I

HIPÓTESE

Capítulo 1

Conceitos básicos

Ciência é a busca pela verdade, a busca pelo correto. É a busca daquilo cuja veracidade pode ser comprovada pela realidade, independente do observador. Dessas afirmações fazem surgir diversos questionamentos de carácter filosófico. Ciência tem sua origem na necessidade de se produzir alimentos. Tentar compreender os fenômenos naturais é importante para a agricultura. Tem-se a expectativa de poder prever chuvas, enchentes, seca, etc. Aos poucos ciência foi se transformando também em um exercício mental.

Em paralelo, a Matemática surgiu por necessidades contábeis. Aos poucos tornou-se abstrata e foi adquirindo rigor, tornando-se a rainha das ciências. O modelo para todas as ciências.

Ciência é conhecimento, mas conhecimento não é necessariamente ciência. Assim como a escrita, as artes são uma forma de expressar o conhecimento adquirido. No entanto, conhecer é diferente de compreender.

O conhecimento pode ser adquirido de forma assistemática ou sistemática. A forma assistemática é uma coletânea desorganizada, em que não se utiliza qualquer tipo de método. Na forma sistemática, tem-se método. Tipos de conhecimento:

- Empírico - Assistemático
- Teológico - Sistemático
- Filosófico - Sistemático
- Científico - Sistemático
- Tecnológico - Sistemático

1.1 *Conhecimento empírico*

De acordo com Aristóteles (384 ac - 322 ac), o conhecimento pode ser adquirido a partir da experiência sensorial. Com base nessa experiência, chega-se a generalizações. Obtendo-se assim conhecimento. Essa visão aristotélica dominou a ciência por mais de mil anos, até ser questionada por cientistas persas e árabes. Finalmente foi descartada por Galileu Galilei (1564 - 1642). No entanto, o empirismo ainda sobreviveu através de Francis Bacon (1561 - 1626) e John Locke (1632 - 1704).

O conhecimento popular é um exemplo de conhecimento empírico. Suas conclusões podem ser resultado de correlação espúria.

1.2 *Conhecimento teológico*

O conhecimento teológico é baseado em dogmas. Dogma é uma afirmação assumida como verdade absoluta. A negação de um dogma é considerada uma heresia que pode levar à pena de morte e à condenação ao inferno. Como aconteceu com Galileu Galilei.

E io: “Maestro, quai son quelle genti che, seppelite dentro da quell’arche, si fan sentir coi sospiri dolenti?”. E quelli a me: “Qui son li eresiarche con lor seguaci, d’ogne setta, e molto piú che non credi son le tombe carche. Simile qui con simile è sepolto e i monimenti son piú e men caldi”.

E eu: “Mestre, quem são aquelas gentes que só, da profundeza de suas arcas, são percebidas por seus ais dolentes?”. E ele explicou: “Aqui os heresiarcas, com seus sequazes, cada tumba aleita e esses são mais que os que em tua mente abarcas. Tem cada tumba os réus da mesma seita, e o vário fogo varia suas torturas”.

– *Dante Alighieri*

Em ciência, a verdade absoluta, se existir, é algo que se almeja alcançar. Portanto, em ciência não existem dogmas. Diferentemente do conhecimento teológico, em ciência tudo pode ser questionado.

1.3 *Conhecimento filosófico*

A filosofia é o amor pela sabedoria, pelo conhecimento. Nesse sentido, o cientista é também um filósofo. No entanto, a filosofia é mais ampla que a ciência. Na filosofia, estuda-se as causas ou os princí-

pios do conhecimento, da realidade do ser, do existir, do pensar. A filosofia também estuda a Natureza, embora nessa parte ela tenha se transformado na ciência que hoje conhecemos. Assim por questões históricas, o título de doutorado obtido em algumas instituições é o Ph.D. que significa doutor em filosofia natural, *Philosophiae Naturalis Doctor*.

O conhecimento filosófico está subdividido como segue:

- Epistemologia - natureza do saber.
- Lógica - natureza do raciocínio.
- Estética - natureza do belo.
- Ética - natureza da conduta correta, da virtude.
- Metafísica - natureza e significado do universo.

Na epistemologia está incluso o empiricismo, o racionalismo e o ceticismo. O estudo da lógica teve origem há mais de 2000 anos. Aristóteles (384 ac

- 322 ac) argumentava que se devia usar a razão, o raciocínio, para compreender o que nos cerca. Abu al-Walid Muhammad ibn Ahmad ibn Muhammad ibn Rushd (1126 - 1198), também conhecido como Averróis, médico e filósofo, traduziu e comentou a obra de Aristóteles. Foi um dos principais responsáveis por divulgar o pensamento de Aristóteles na Europa.

René Descartes (1596 - 1650) escreveu *Cogito, ergo sum* - O fato de eu pensar revela-me a existência de algo que pensa. Só existe aquilo que pode ter sua existência comprovada!

1.4 *Conhecimento científico*

O conhecimento científico é obtido de maneira sistemática, realizando observações, construindo hipóteses, e aplicando a análise crítica. A observação crítica é uma etapa crucial da ciência. É necessário ser convencido pelos fatos para compreender. Esse convencimento não se dá pelo uso da retórica. Em ciência não há como admitir a retórica de sofistas. Para estudar ciência deve-se ser capaz de fazer uma

leitura crítica, que é baseada na análise crítica. Não apenas aceitar o conhecimento apresentado.

A simples coletânea de conhecimentos empíricos não resulta em desenvolvimento científico.

Classicamente, o conhecimento científico era parte da filosofia natural e era utilizado para buscar a compreensão dos fenômenos naturais. A partir de Galileu Galilei, iniciou-se a convergência entre a filosofia natural e a matemática. Essa junção é que fez surgir a ciência moderna. Assim, a matemática passou a ser o modelo para as ciências. Com seu rigor, a matemática é a rainha das ciências.

1.5 *Conhecimento tecnológico*

A tecnologia é o resultado da busca por soluções técnicas para problemas do dia-a-dia, incluindo os conflitos militares. Assim, tinha-se a engenharia civil para os tempos de paz e a engenharia militar para os tempos de guerra. O desenvolvimento tecnológico era obtido por *tentativa e erro*.

A partir do século XX, a tecnologia e a ciência

passaram a andar juntas. Então o desenvolvimento tecnológico passou a ter como base o conhecimento científico. A engenharia passou a ser uma ciência aplicada. Com base no conhecimento científico, obtém-se a prova de conceito, isto é, a demonstração que funciona. Para se transformar em um produto de engenharia, é necessária uma etapa crucial de desenvolvimento que resulta em um produto economicamente viável. O produto precisa ser fabricado de maneira lucrativa e o cliente precisa ficar satisfeito com seu desempenho. A prova de conceito por si só não representa um produto de engenharia.

Engenharia não é simplesmente gestão de pessoas e projetos, mas sim o domínio da ciência e da técnica para a criação de produtos tecnológicos dentro de parâmetros precisos de desempenho a um custo adequado. Nesse sentido, o Brasil é extremamente carente de engenharia.

– Edval J. P. Santos

Capítulo 2

Elaborando a hipótese

A hipótese é uma afirmação inspirada, que não é necessariamente obtida de maneira óbvia a partir da observação, e que precisa ser testada para ser considerada uma aproximação da verdade. De acordo com Peter Brian Medawar (1915 - 1987):

O pressuposto imaginativo - hipótese - desponta por um processo tão fácil ou tão difícil de entender quanto qualquer outro ato criativo da mente; é uma onda cerebral, uma suposição inspirada, o produto de uma iluminação introspectiva. De qualquer forma, vem de

dentro e não se manifesta pelo exercício de descoberta. Uma hipótese é uma espécie de esboço da lei do qual o mundo - ou algum aspecto interessante dele - se assemelha.

Assim, a ocupação do dia-a-dia na ciência consiste não na captação dos fatos, mas no testar das hipóteses.

Nos seus resultados, a ciência é uma rede de teorias interligadas que representam nossa opinião corrente sobre o que é o mundo natural.

Não posso dar a nenhum cientista de qualquer idade melhor conselho do que este: a intensidade da convicção de que uma hipótese é verdadeira não tem nenhuma relação com se é ou não verdadeira.

Peter Brian Medawar foi um biólogo nascido no Rio de Janeiro, ganhador do prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1960, em conjunto com Frank Burnet, pela descoberta da tolerância imunológica adquirida. No entanto, seu sucesso não pode ser creditado à escola brasileira, pois sua educação foi feita na Inglaterra!

É importante salientar que no empirismo aristotélico não havia o conceito de hipótese. Talvez o pri-

meiro registro, que desafia os ensinamentos de Aristóteles, foi feito por Abu Ali al-Hasan Ibn Al-Haytham (965 - 1039), conhecido também como Alhazen, nascido na Pérsia/Iraque. Era matemático, astrônomo e físico (Óptica). De acordo com Alhazen:

A hipótese precisa ser comprovada!

Abu Ali al-Hasan Ibn Al-Haytham (965 - 1039), conhecido como Alhazen, fez experiências para testar hipóteses. Abu al-Rayhan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni (973-1048) é outro cientista do mundo persa e árabe que recomenda o testar da hipótese e o uso da matemática nos estudos da Natureza. Conceitos que ficaram famosos através de Galileu.

Capítulo 3

Método científico

Pode-se descrever o método científico como um conjunto de estratégias e técnicas para obter conhecimento científico de forma sistemática. O método científico é utilizado para testar a hipótese. Embora na execução do método, deve-se examinar todas as maneiras pelas quais a hipótese é falsa. A metodologia científica é o estudo do método científico.

O método científico deve ser o mais simples possível para testar a hipótese de maneira incontestável. Ao elaborar um método científico, deve-se ter em

mente os seguintes aspectos:

- Simplicidade.
- Generalidade.
- Verificação experimental.

Tipos de método científico:

- **Método Indutivo:** parte de fatos comprovados ou particulares para tirar uma conclusão genérica ou provável.

Observação → Registro → Análise → Classificação → Generalização → Verificação.

Ex.: Todos os pássaros observados têm penas, logo todo pássaro tem penas. Todos os seres vivos observados têm coração, logo todo ser vivo tem coração.

- **Método Dedutivo:** revela algo que estava implícito para obter um novo conhecimento,

que é inquestionável. Propõe hipóteses (conjecturas) que precisam ser submetidas a testes.

Hipótese (conjectura) → Experiência → Teste → Conclusão (dedução).

Ex.: Não existe geração espontânea (abiogênese).

Na ciência moderna, apenas o método dedutivo é considerado correto. Assim, o método científico dedutivo é o caminho para realizar a investigação científica. De acordo com Galileu, o verdadeiro foco do método científico é examinar a hipótese alternativa, através da qual a hipótese sob teste é falsa. Deve-se ter controle sobre a experiência de maneira a testar todas as maneiras pelas quais a hipótese é falsa.

O processo investigativo pode ser iniciado por uma curiosidade pessoal ou por um problema prático. Pode ser uma tentativa de compreensão da Natureza ou de aplicar o conhecimento adquirido. Assim, a investigação científica pode ser de natureza fundamental ou aplicada. A investigação científica de natureza fundamental busca compreender a Natureza,

desvendar seus segredos. Não visa uma aplicação imediata do conhecimento. Ela tem duas faces, pode ser teórica ou experimental. São faces de uma mesma moeda. Não há como separar.

A investigação científica de natureza aplicada busca obter uma solução tecnológica. Ela pode ser estimulada por uma demanda externa, ou por uma necessidade imaginada pelo próprio investigador.

Na fase exploratória inicial, pode-se:

- Fazer observações preliminares.
- Realizar revisão bibliográfica.
- Fazer perguntas.
- Compartilhar ideias e dados.
- Sentir-se inspirado.

René Descartes, em *Discurso do método*, descreve as quatro etapas de seu método *para bem dirigir a própria razão e buscar a verdade nas ciências*.

1. Nunca aceitar como verdadeira nenhuma coisa que eu não conhecesse evidentemente como tal.
2. Dividir cada uma das dificuldades que devesse examinar em tantas partes quanto possível e necessário para resolvê-las.
3. Conduzir por ordem os meus pensamentos, iniciando pelos objetos mais simples e fáceis de conhecer, para chegar aos poucos gradativamente, ao conhecimento dos mais compostos.
4. Fazer, para cada caso, enumerações tão completas e revisões tão gerais, que eu tivesse a certeza de não ter omitido nada.

Como resultado, uma hipótese é elaborada. Então, deve-se realizar a investigação.

- Propor hipóteses alternativas.
- Preparar lista de resultados esperados.

- Elaborar a estratégia.
- Elaborar o arranjo experimental.
- Adquirir os materiais necessários.
- Realizar medidas experimentais.
- Testar a hipótese.

Para testar a hipótese experimentalmente, ao longo da História, foram desenvolvidas as seguintes estratégias ¹:

- **Experimentos Aristotélicos** - havendo lançado uma teoria, esse método consistia em forçar a experiência a confirmá-lo. A experiência é usada para confirmar.
- **Experimentos Baconianos** - a experiência é uma invenção, visto que oposta ao acontecimento ou fato natural - é uma *decorrência do*

¹ P. B. Medawar, *Conselho a um jovem cientista*. Brasília: UnB, 1982, Pag 71.

ato de testar ou, simplesmente, da curiosidade. A experiência é realizada sem a alternativa em que o fator de interesse está ausente (controle).

- **Experimentos de Galileu** - é o experimento crítico - o que discrimina possibilidades e, assim procedendo, ou dá confiança ao enfoque que estamos adotando, ou nos faz pensar na necessidade de sua correção (sentido usado pelos cientistas modernos). A experiência é usada para refutar.
- **Experimentos Kantianos** - o mundo da experiência é moldado pelo carácter de nossas faculdades de intuição sensorial. A experiência é realizada em pensamento, não requer aparelhos (*gedankenexperiment*).

Como resultado desse esforço de investigação, tem-se:

- hipótese confirmada.
- hipótese negada.

- hipótese precisa ser revisada.
- Pressupostos precisam ser revisados.

Como resultado da investigação, pode-se propor ou construir modelos teóricos da Natureza utilizando diversas estratégias:

- Primeiros princípios (*ab initio*).
- Fenomenológico.
- Modelo matemático.

Esses modelos permitem prever o comportamento dos fenômenos naturais. Essas previsões precisam ser verificadas experimentalmente, confrontando o modelo com o que está sendo modelado. Uma etapa intermediária desse processo é a *modelagem computacional*. Uma outra alternativa é a utilização da técnica de instrumentação virtual.

It doesn't matter how beautiful your theory is, it doesn't matter how smart you are. If it doesn't agree

with experiment, it's wrong.

Não interessa o quão bela é sua teoria, não interessa o quão sábio você é. Se não explica o resultado experimental, ela está errada.

– *Richard P. Feynman*²

3.1 *Materiais e métodos*

Uma vez que o método para testar a hipótese está elaborado, pode-se definir metas, adquirir os materiais necessários e preparar a infraestrutura. Deve-se ter cuidado com a qualidade do material de consumo, com o treinamento na operação dos equipamentos, assim como a calibração dos mesmos. Todo cuidado deve ser tomado para evitar erros grosseiros e erros sistemáticos.

Sempre que possível, a coleta de dados deve ser automática, pois reduz a chance de erros nas anotações, que são classificados como erros grosseiros. Um equipamento que não está calibrado pode resultar em erros sistemáticos.

² *Ganhador do prêmio Nobel de Física em 1965.*

Capítulo 4

Organização do relatório

Após a realização da investigação utilizando o método adequado é necessário preparar algum tipo de relatório para compartilhar a descoberta. Exemplos de relatório são:

- Carta ao editor.
- Artigo científico.

- Dissertação da tese.
- Livro ou capítulo de livro.
- Relatório de pesquisa.

A *carta ao editor* e o *artigo científico* são elaborados para publicação em uma revista ou periódico de divulgação científica. A *dissertação da tese* é o relatório final da investigação científica associada a cursos acadêmicos de pós-graduação. A dissertação da tese é um texto que descreve todo o processo de investigação da hipótese e suas consequências. A dissertação é o texto e a tese é a afirmação que foi testada e comprovada. Essa descrição é diferente da adotada mais recentemente no Brasil! Livro ou capítulo de livro é uma coletânea do que ficou estabelecido após um longo processo de investigação científica ou tecnológica. O relatório da pesquisa é tipicamente preparado para apresentar os resultados da pesquisa para instituições ou empresas ou pessoas que apoiaram o trabalho.

4.1 *Artigo científico*

Organização de um artigo científico:

- I Introdução - contextualização do problema e apresentação da hipótese, objetivo.
 - II Materiais e métodos - organização da investigação.
 - III Resultados - apresentação dos resultados obtidos (gráficos).
 - IV Análise - comparação crítica com o contexto apresentado.
 - V Conclusão - o que se aprendeu de novo.
- * Apêndice(s).
 - * Referências bibliográficas.

4.2 *Dissertação da tese*

Todo trabalho acadêmico, seja ele de iniciação científica, mestrado acadêmico ou doutorado acadêmico,

envolve necessariamente a investigação de uma hipótese. Assim após a hipótese ser exaustivamente testada e comprovada, obtem-se uma tese. Então, deve-se dissertar sobre a tese. Proposta de organização de uma dissertação de tese:

- Cap 1. Introdução - contextualização do problema, conjectura ou hipótese com uma revisão bibliográfica analisada criticamente, apresentação do objetivo e do método científico para realizar o teste. A secção *organização da dissertação* reflete a estratégia utilizada. Tipicamente o capítulo 1 tem cerca de 20 páginas.
- Cap 2. Detalhamento dos pressupostos, do arranjo experimental ou da infraestrutura computacional ou dos fundamentos teóricos relevantes para investigar a hipótese proposta.
- Cap 3. Coletânea de resultados e análise crítica considerando as limitações da investigação.

[Nota: os capítulos 2 e 3 podem ser condensados em um. Esse conjunto também pode ser

repetido diversas vezes, enquanto perdura a investigação, como a sucessão de experiências sendo realizadas para testar a hipótese, dependendo da organização proposta.]

- Cap 4. Conclusão e trabalhos futuros - sumário do que foi obtido, do que foi aprendido, possíveis impactos e o que ainda pode ser examinado.
- * Apêndice(s) - informações complementares ou programas de computador.
 - * Referências bibliográficas.

Capítulo 5

Ética em ciência

Publique ou morra!! No mundo científico atual existe uma grande pressão para que se publique alucinadamente. Para publicar muito, frequentemente ocorre o fatiamento dos resultados da investigação, que são distribuídos em diversas publicações, o que ficou conhecido como estratégia *salame*. No fim, mesmo que o sujeito consiga publicar centenas de artigos, talvez dois ou três contribuam e fiquem atuais por mais de uma geração. A grande parte do que é publicado cai no esquecimento.

A pressão para publicar termina causando pressa em publicar resultados que não foram adequadamente testados. Além de diversos outros problemas éticos. Exemplos de falta de ética:

- Não testar exaustivamente a hipótese.
- Selecionar dados para obter o resultado desejado.
- Modificar dados para obter o resultado desejado.
- Plagiar. Copiar sem citar a fonte.
- Não dar crédito corretamente.
- Modificar resultados para satisfazer/agradar as fontes de recursos.
- Adicionar autores que não participaram do trabalho.
- Participar como autor em artigo no qual não colaborou.

De acordo com Richard P. Feynman, adaptado do discurso de formatura em Caltech, 1974 - ética:

It's a kind of scientific integrity, a principle of scientific thought that corresponds to a kind of utter honesty a kind of leaning over backwards. For example, if you're doing an experiment, you should report everything that you think might make it invalid not only what you think is right about it: other causes that could possibly explain your results; and things you thought of that you've eliminated by some other experiment, and how they worked to make sure the other fellow can tell they have been eliminated.

é uma espécie de integridade científica, um princípio do pensamento científico que corresponde a uma espécie de honradez total, uma espécie de inclinar-se para trás. Por exemplo, se você está realizando uma experiência, você deveria relatar tudo que você acha que pode invalidá-la e não apenas o que você acha que é correto a respeito da mesma: outras causas que poderiam possivelmente explicar seus resultados; e coisas que você considerou que eliminou com alguma outra experiência, e como funcionaram para ter certeza que outras pessoas podem dizer que foram eliminados.

De acordo com Platão: “Na retórica sofista não inte-

ressa a verdade, interessa apenas vencer o argumento, o debate!” Persuasão pela retórica não é Ciência!

Em ciência não há como usar a eloquência ou retórica dos sofistas e seus príncipes. Em ciência busca-se a verdade. Em analogia à matemática, que é ciência e é modelo para as outras áreas da ciência, e que não permite saltos e arroteios que não se sustentem na prova irrefutável.

– Edval J. P. Santos

5.1 Exemplos de falta de ética

- Descoberta dos raios N por René Blondlot em 1903. Foi comprovado por Robert W. Wood em 1904 que se tratava de uma descoberta falsa. No entanto, no período de 1903 a 1906 foram publicados mais de 300 artigos sobre o assunto!
- Ao realizar a experiência para obter a carga do elétron, Robert Andrews Milikan (1849 - 1936), não deu crédito a Harvey Fletcher, quem de fato realizou as experiências. Além de selecionar

dados! Exemplo de um ganhador do prêmio Nobel sem merecer.

- Stanley Pons e Martin Fleischmann, em 1989, relataram que tinham obtido fusão a frio, o que não foi comprovado independentemente.
- Hwang Woo-Suk, pesquisador em células tronco, foi considerado culpado por modificar dados em sua pesquisa sobre clonagem de animais, entre 2000 e 2005.

É importante que o cientista mantenha distância crítica da experiência para evitar a auto-enganação.

Perché è facile essere ingannati nella sperimentazione, e di pensare si è visto e scoperto ciò che desideriamo vedere e scoprire.

É fácil ser enganado na realização de uma experiência, e achar que viu e descobriu o que se desejava ver e descobrir.

– *Luigi Galvani*

Parte II

HISTÓRIA

Capítulo 6

Noções de história da ciência

Pode-se imaginar o homem primitivo, há 100 mil anos atrás, em estado de admiração ou medo diante dos fenômenos naturais: céu azul, sol, lua, estrelas, via láctea, chuva, relâmpago, trovão, tremor da terra, erupção vulcânica, incêndio, aurora borealis, vida, etc. A origem da ciência e da religião está em parte associada às tentativas do ser humano em achar uma

explicação para os diversos fenômenos a sua volta.

Há cerca de 10 mil anos atrás, ocorre o surgimento da agricultura, transformando os agrupamentos humanos de caçadores e catadores nômades em agricultores sedentários. Com os fazendeiros surgem as primeiras cidades, as primeiras civilizações urbanas. A cidade mais antiga conhecida, e que ainda hoje é habitada, é a cidade de Jericó, localizada na atual Palestina.

Embora o conhecimento continuasse a ser acumulado de forma empírica, com a agricultura, tornou-se necessário realizar observações cuidadosas. Esse exercício levou à reflexão e à Filosofia. Ciência ficou conhecida, por muito tempo, como *Filosofia Natural*.

Em paralelo, tem-se a criação da Matemática, como uma ferramenta contábil. O primeiro grande passo para transformar a Matemática em ciência abstrata é a invenção do zero. O zero, como é conhecido hoje, é uma invenção hindu-arábica.

Há cerca de 6 mil anos atrás, essa história passou a ser registrada com o surgimento da escrita cuneiforme, inventada pelos Sumérios. A civilização sumé-

ria também inventou a agricultura irrigada, tornando-se a primeira grande civilização urbana, além de diversas outras tecnologias. Entre os aspectos bastante interessantes da civilização suméria, pode-se citar a lenda da criação, o épico de Gilgamesh, o sistema numérico de base 60 (sexagesimal), dia com dois períodos de 12 horas, a hora de 60 minutos, o minuto de 60 segundos! Também pode ter sido essa civilização que dividiu o círculo em 360 graus.

Escolas sumérias ensinavam escrita, ética e cálculo contábil. A civilização suméria foi redescoberta no século XIX, quando foi feita a decodificação de sua linguagem escrita. Com isso a história do início da civilização passa a ter bases sólidas. Com o declínio da civilização suméria, a escrita cuneiforme foi adotada por Acádios, Assírios, Babilônios, Hititas e outros.

A descoberta e tradução das coleções das bibliotecas sumérias, acádias, assírias e hititas sugere que as histórias e estilo encontrados no *Antigo Testamento* são versões adaptadas de histórias bem mais antigas oriundas dessas civilizações. Essas civilizações também influenciaram a antiga civilização egípcia.

Apesar desse conhecimento ter passado milhares de anos perdido, ele forma a base do pensamento Grego clássico. O filósofo grego Anaxágoras (499 ac - 428 ac) nasceu na Pérsia, em uma região que hoje é parte da Turquia, e levou conhecimento da civilização persa para Grécia. Sócrates (470 ac - 399 ac) pode ter sido um estudante de Archelaus que havia sido discípulo de Anaxágoras. Posteriormente Sócrates teve Platão (427 ac - 347 ac) como seu discípulo. Acredita-se que o verdadeiro nome de Platão é Aristocles. Platão foi professor de Aristóteles (384 ac - 322 ac).

Em paralelo, ocorre o surgimento das *escolas do pensamento* na China. É o florescimento da filosofia na China. Nessas escolas foram desenvolvidos conhecimentos, ideias, pensamentos que têm influência até os dias de hoje. A exemplo do pensamento de Confúncio (551 ac - 479 ac). Os chineses inventaram a pólvora, a bússola, o papel, o ábaco, a impressão.

Com o declínio europeu, durante a chamada idade média, são os persas e árabes que fazem a ponte do conhecimento entre as antigas civilizações, incluindo

a civilização grega, e a civilização ocidental moderna. Do século oito ao século treze, tem-se a *era de ouro islâmica*. Nesse período, autores gregos e romanos são traduzidos e estudados.

O grande pensador grego Aristóteles foi traduzido e comentado por Abu al-Walid Muhammad ibn Ahmad ibn Muhammad ibn Rushd (1126 - 1198), médico e filósofo, também conhecido como Averróis. Considera-se que ele é um dos responsáveis pela divulgação do pensamento aristotélico na Europa. O médico e astrônomo Abu Ali al-Husayn ibn Abd Allah ibn al-Hasan ibn Ali ibn Sina (980 - 1037), conhecido no ocidente como Avicena. É considerado o pai da medicina moderna.

Por volta do século X, os árabes dominavam o sul da Espanha e Portugal. Em 1085, o rei Alfonso VI, *el bravo*, derrotou os Mouros, conquistando a cidade de Toledo. O processo de expulsão dos mulçumanos da Espanha só vai se concretizar em 1492 com a conquista de Granada. A catedral de Toledo tornou-se um centro de tradução de obras, inicialmente encomendadas pelo próprio Alfonso. As obras eram traduzidas

do árabe para o castelhano e latim. Foram traduzidos os livros clássicos de Aristóteles, Ptolomeu, Euclides e Arquimedes. Assim como diversos autores árabes. Um dos principais tradutores foi Gerard de Cremona. Estima-se que ele traduziu cerca de 87 obras do árabe.

- Muhammad ibn Musa al-Khwarizmi: *Algebra (al-jabr), Almucabola.*
- Abu Muhammad Jabir ibn Aflah: *Elementa astronomica.*
- Abu Yusuf Yaqub ibn Ishaq Al-Kindi (Alkindus): Sobre óptica, *De Gradibus.*
- Abu Ali al-Hasan Ibn Al-Haytham (Alhazen): *Kitab al-Manazir (Opticæ Thesaurus).*
- Ahmad ibn Muhammad ibn Kathir al-Farghani: Sobre elementos de Astronomia e movimento celestial.
- Abu Nasr Muhammad ibn Muhammad al-Farabi: Sobre a classificação das Ciências.

- Muhammad ibn Zakariya al-Razi (Rhazes): *Liber ad Almansorem, Liber divisionum, Introductio in medicinam, De egritudinibus iuncturarum, Antidotarium e Practica puerorum.*
- Yuhanna ibn Sarabiyun (Serapion): *Practica, Brevarium medicinæ.*
- Abu al-Qasim al-Zahrawi (Abulcasis): *Kitab Al-Tasrif* (enciclopédia de medicina).
- Abu Ali al-Husain ibn Abd Allah ibn Sina (Avicenna): *al-Qanun fi'l tibb (Medicinæ liber canonis).*
- Ali ibn al-Husain ibn al-Wafid al-lakhmi (Aben-guefit): *Liber de medicamentis simplicis.*
- Abu Rayhan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni (Biruni): Chave para Astronomia.

Depois de séculos de domínio, o império romano do oriente, conhecido como império bizantino, entra em declínio. Sofre invasões e perdas no ocidente e

oriente, incluindo as invasões dos Mongóis, até sua total derrocada com a queda de Constantinopla, em 29 de maio de 1453, para os turcos. Causando uma fuga de cérebros para a Europa. Assim, dá-se o início ao império otomano no oriente médio e ao renascimento Europeu. O império otomano é o apogeu da civilização turca e durou até a primeira guerra mundial. Foi dissolvido em 1922. Pode-se supor que o sectarismo religioso pode ter contribuído para o declínio de parte da civilização islâmica.

Similarmente, no período entre a primeira e a segunda guerras mundiais ocorre grande fuga de cérebros da Europa para os Estados Unidos. Após a segunda guerra mundial, tem-se o declínio europeu e a ascensão estadunidense.

A partir do século XX, ciência e tecnologia passaram a andar juntas. Apesar da ciência ser reconhecida atualmente como de grande importância por todos os povos e o conhecimento científico circular pelo mundo com certa fluidez, o mesmo não se pode dizer do conhecimento tecnológico que sofre diversas restrições para sua divulgação.

Capítulo 7

As mais belas experiências científicas

Para classificar uma experiência científica como **bela**, considera-se as seguintes características:

- Simplicidade.
- Engenhosidade.
- Impacto.

O impacto é uma indicação de quanto o resultado obtido abre um novo mundo de compreensão sobre a natureza. Não se trata da quantidade de citações.

Para George Johnson em *The ten most beautiful experiments*, as mais belas experiências científicas são as seguintes:

- Plano inclinado - Galileu Galilei.
- Coração - William Harvey.
- Cor - Isaac Newton.
- Combustão - Antoine-Laurent Lavoisier.
- Bioeletricidade - Luigi Galvani.
- Efeito magneto-óptico - Michael Faraday.
- Calor - James Joule.
- Velocidade da luz - Albert A. Michelson.
- Reflexo condicionado - Ivan Pavlov.
- Carga elétrica - Robert Milikan.

7.1 Plano inclinado - Galileu Galilei

Para Aristóteles, um corpo movimento precisa de uma força para se manter em movimento. Além disso, a rapidez da queda seria proporcional ao peso. Aristóteles fez uma constatação baseada na observação. Galileu compreendeu que tal afirmação precisaria ser testada.

Para investigar o movimento, Galileu (1564 - 1642) decidiu estudar o movimento de queda livre. A pergunta para qual se buscava a resposta: como é o movimento do corpo que cai? Para um corpo em queda, a rapidez é proporcional ao tempo da queda ou à distância percorrida? O movimento depende do peso?

Hipótese: para um corpo em queda, a rapidez é proporcional apenas ao tempo transcorrido.

Rapidez é um conceito subjetivo, é necessário transformá-lo em uma definição matemática. Rapidez é então definida como a razão entre distância percorrida e o tempo transcorrido. Agora é preparar o arranjo experimental para testar a hipótese.

A *engenhosidade* de Galileu está na utilização do plano inclinado para tornar a queda livre mais lenta e poder medir as grandezas de interesse. Esse equipamento possibilita controlar a velocidade de queda do objeto, fazendo com que ele se movimente tão lentamente quanto for desejado pelo cientista, apenas variando a inclinação. O plano inclinado é uma estrutura surpreendentemente *simples*.

Sua *engenhosidade* advém também da técnica de medição da distância e do tempo. A medição da distância é fácil de visualizar, mas pode-se perguntar como Galileu mediu o tempo.

Exercício: liste três técnicas que podem ter sido utilizadas por Galileu para medir o tempo, considerando a tecnologia disponível na época.

Utilizando hoje, os dados obtidos por Galileu que foram registrados em seu caderno de laboratório, a rapidez é proporcional ao tempo, independente do sistema de unidades escolhido. A distância pode ser extraída da área!

Impacto

Galileu não examinou o que causa o movimento, mas sim como ele ocorre. De qualquer forma, seus estudos lhe permitiu questionar Aristóteles e a igreja Católica, que adotava a visão aristotélica. Com Galileu surge a ciência moderna. Ele combinou a observação do fenômeno natural com a matemática para obter a lei que descreve o movimento. Seus estudos influenciaram Tycho Brahe (1546 - 1601), Johannes Kleper (1571 - 1630), Isaac Newton (1642 - 1726) e muitos outros. Para melhor representar matematicamente o movimento, o cálculo diferencial precisou ser inventado. O cálculo diferencial foi criado por Gottfried Wilhelm Leibniz (1646 - 1716) e pelo próprio Isaac Newton. O impacto vai muito além do estudo do movimento. Assim, todo jovem cientista precisa compreender o método utilizado por Galileu em sua investigação.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

7.2 *Coração - William Harvey*

De acordo com Galeno (129 - 210) haveriam dois tipos de sangue: um sangue vegetativo produzido pelo fígado e outro vital do coração e pulmão. Esses dois tipos de sangue fluiriam por sistemas vasculares diferentes. O sangue produzido pelo fígado seria azulado e o outro seria avermelhado. No cérebro, o sangue avermelhado seria transformado em fluido que seria transportado pelo sistema nervoso. Assim o sangue seria criado a partir do alimento e consumido pelo corpo. No século X, Ibn Sina (980 - 1037), já havia estudado as doenças do coração e como a pulsação poderia ser usada para identificar essas doenças. Ele observou que a pulsação se tratava de quatro movimentos: expansão (diástole), pausa, contração (sístole), pausa. William Harvey (1578 - 1657) foi um estudioso do coração. Ele também se interessou pela pulsação. Observando a pulsação do coração de diferentes animais. Assim como Galileu, para facilitar a observação William Harvey procurou examinar animais cujo coração bate mais lentamente,

tais como: peixes, répteis e anfíbios. Simplicidade e engenhosidade.

Para William Harvey era curioso que os dois tipos de sangue, como descrito por Galeno, ficavam bem próximos ao entrar no coração. Já se sabia, pelo trabalho de Andreas Vesalius (1514-1564), que o sangue não poderia atravessar a parede do coração. Mas poderia o sangue está indo e voltando com a pulsação, como acreditava os seguidores de Galeno? William Harvey pressionou uma artéria e observou que o sangue fluía quando havia a contração e não quando havia a expansão. O coração deve ser um sistema de bombeamento do sangue. Assim, investigando o coração, William Harvey foi capaz de contestar as afirmações de Galeno e seus seguidores.

Ele concluiu que o lado direito do coração bombeia o sangue para o pulmão. O lado esquerdo do coração bombeia o sangue para as artérias, que leva o sangue para as extremidades do corpo. Já o sistema venoso consiste de canais para trazer o sangue de volta ao coração. Ele verificou experimentalmente que as veias são como avenidas de mão única.

Hipótese: o sangue circula.

O que acontece com o sangue arterial quando chega ao destino e de onde vem o sangue venoso? Os seguidores de Galeno acreditavam que a comida seria transformada constantemente em sangue. Se o sangue não está indo e voltando como as ondas do mar, tem-se um problema.

- Em 10 minutos, tem-se aproximadamente 1000 batidas do coração.
- Assumindo que em uma batida é bombeado cerca de 10 ml de sangue.
- Em 10 minutos é bombeado 10 litros de sangue!!!

Em um dia, 1440 litros, ou mais de uma tonelada de sangue, teria que ser produzido. Haja comida!!!! Uma contradição óbvia. Assim o sangue não pode estar sendo criado o tempo todo a partir do alimento. Ele deve estar circulando!!

O sangue poderia estar passando de arterial para venoso no próprio coração. Para testar se isso estaria ocorrendo, William Harvey tentou verificar se algum líquido poderia atravessar usando um coração de boi. Assim, ele testa possibilidades pelas quais a hipótese estaria incorreta.

Impacto

A existência da estrutura capilar conectando artérias a veias foi observado posteriormente, confirmando. Hoje não há mais dúvidas que o sangue circula e sobre as diversas funções do sangue. Assim como suas patologias.

7.3 *Cor - Isaac Newton*

Platão acreditava que a luz emanava dos olhos e varia o mundo exterior como um farol. Para Aristóteles, cor seria uma mistura de luz e escuridão. A primeira explicação correta sobre a luz é encontrada no livro sobre Óptica escrito por Abu Ali al-Hasan Ibn Al-Haytham (965 - 1040), conhecido como Alhazen. Para ele a luz era detectada pelos olhos após ser refletida

nos objetos.

Isaac Newton observou que se uma folha fina, quase transparente, de ouro for colocada para refletir a luz, como era de esperar, uma cor amarela é observada. Mas se a luz for colocada para atravessar a mesma folha fina de ouro, uma cor azulada é observada. Assim, ele estudou diversas substâncias. Também realizou experiências com o próprio olho.

Hipótese: a luz é uma composição de cores.

Para investigar como a luz é composta, Isaac Newton usou um prisma e um raio de Sol. Um arranjo experimental simples. Depois de subdividir a luz em cores, colocou ainda um segundo prisma para examinar se uma segunda subdivisão seria possível. Observou que a luz é composta de diversas cores e que essas cores não podem ser subdivididas, mas podem ser recombinadas.

Impacto

A cor não é o resultado da reflexão ou refração, ela é parte da luz. A luz branca é uma combinação de cores. Sabe-se hoje que o olho tem três receptores para a

luz visível, que cobre do vermelho (750 nm) até o azul (380 nm). Em termos da frequência, vai de 400 THz até 780 THz. A percepção de cor é uma combinação dos sinais obtidos com esses três receptores. Portanto, tanto se pode perceber uma determinada cor quando ela é uma onda eletromagnética de frequência específica, como quando ela é uma combinação adequada de outras cores. A primeira teoria da visão da cor, denominada de teoria tricromática, é de Thomas Young (1773-1829) e Hermann von Helmholtz (1821-1894). Uma teoria mais sofisticada, denominada teoria dos processos oponentes, foi desenvolvida por Ewald Hering (1834-1918). De acordo com essa segunda teoria, os sinais dos receptores podem ser somados ou subtraídos, possibilitando a detecção de uma cor específica. As duas teorias se complementam.

Examinando o espectro da luz do Sol, é possível detectar elementos químicos do qual o Sol é composto. Pode-se ainda observar um deslocamento para o vermelho (frequências mais baixas) no espectro das estrelas. Sugerindo que o Universo está em expansão!

7.4 Combustão - Antoine-Laurent Lavoisier

Por volta do século XVIII, a combustão era compreendida como sendo a liberação do *flogiston* (*flog* - fogo em grego) que estaria preso no interior da matéria. Assim, a matéria entra em combustão porque é rica em flogiston. Antoine-Laurent Lavoisier (1743 - 1794) resolveu medir e detectou uma inconsistência, em alguns casos de combustão, o produto da combustão era mais pesado que os ingredientes somados! Assim, juntando matemática à observação, ele começa a criar a química moderna. Ele estava interessado em investigar a natureza química do processo de combustão. O que é o fogo?

Hipótese: fogo é liberado como resultado de uma reação química.

Ele utilizou jarras de vidro em diversos formatos. Com base em observações experimentais, ele começa a suspeitar que durante o processo de combustão, a substância em combustão absorve algum tipo de ar, ocorrendo a reação que produz o fogo. O fogo não é

a emissão do flogiston. Finalmente, ele comprovou que o processo de combustão é o resultado de uma reação química.

Impactos

Lavoisier, com seu trabalho investigativo, compreendeu o processo de reação química. O ar vital é absorvido durante a combustão.

- Ar fixado - mefítico $\rightarrow CO_2$.
- Ar flogisticado - azoto $\rightarrow N_2$.
- Ar inflamável ou ar vital $\rightarrow O_2$.
- Ar normal.

Ele combinou oito partes de ar vital com quarenta e duas partes de azoto e demonstrou que tinha as características de ar normal. Sabe-se hoje que o ar é composto de cerca de 20% de oxigênio e 80% de nitrogênio. Dessa forma, a alquimia deixa de ser descrita subjetivamente e passa a ser uma ciência

experimental que hoje é conhecida como Química. Lavoisier demonstrou que o conceito do flogiston estava errado e introduziu o conceito de *calórico*. Não era o fogo que estaria armazenado e sim o calor. A ser corrigido por James P. Joule...

Como resultado da investigação surge a lei da conservação da massa. Hoje se sabe que a parte visível da combustão, o fogo, é a liberação da energia térmica. O fogo é um exemplo do quarto estado da matéria, o plasma.

7.5 *Bioeletricidade - Luigi Galvani*

No século XVIII, imaginava-se que um tipo de eletricidade era gerada pela fricção entre o nervo e o osso, que seria a fonte da *força vital*. Luigi Galvani (1737 - 1798), um professor de anatomia, observou acidentalmente que pernas de sapo, com o nervo ciático exposto, apresentavam contração em resposta a sinais elétricos. Investigando posteriormente, observou que a contração era observada tanto com eletricidade produzida por relâmpado como gerada artificialmente.

Também quando o nervo é tocado com certos metais.

A eletricidade é vapor, fluido ou partículas? A eletricidade produzida no interior de um corpo biológico é diferente da eletricidade observada em objetos inanimados?

Hipótese: eletricidade é gerada no corpo biológico.

Luigi Galvani investigou o fenômeno procurando afastar todas as possibilidades de erro. Alessandro Volta (1745 - 1827) contestou os resultados de Luigi Galvani, mostrando que a junção de diferentes metais gera eletricidade. Exemplo: cobre e zinco. O comportamento de Alessandro Volta é o esperado de todo cientista: a leitura crítica. Com base nas críticas, Luigi Galvani melhorou sua investigação removendo todos os contatos metálicos e assim comprovando a existência de eletricidade no corpo biológico.

Impactos

Luigi Galvani descobriu que o corpo é um circuito elétrico. Por outro lado, Alessandro Volta empilhou discos de cobre e zinco, separados por uma camada

de papelão embebido com água salgada, inventando a pilha elétrica. O papelão embebido faz o papel do sapo na experiência de Luigi Galvani.

Sabe-se hoje que o osso contém colágeno, que é um material piezoelétrico e cada membrana celular funciona como uma minúscula bateria elétrica.

7.6 *Eletromagnetismo - Michael Faraday*

Durante o século XIX, surgem evidências que eletricidade e magnetismo eram faces de uma mesma moeda. Michael Faraday (1791 - 1867) havia estudado a relação entre eletricidade e magnetismo, demonstrando que uma corrente elétrica pode se comportar como um ímã. Depois, usando duas bobinas condutoras, ele conseguiu demonstrar que se a primeira espira condutora é percorrida por uma corrente elétrica, uma corrente elétrica é induzida na segunda espira condutora. Espiras podem ser combinadas para formar bobinas, aumentando o efeito. Demonstrando que eletricidade pode ser convertida em magnetismo e

de volta em eletricidade. Ele também observou o processo de deposição eletroquímica de metais. Assim, relacionando eletricidade e química. E a luz pode interagir com o magnetismo?

Hipótese: luz é um fenômeno eletromagnético.

Usando luz polarizada, ele demonstrou que a polarização da luz pode ser alterada pela presença de um sinal magnético. Esse é o efeito magnetoóptico. Para obter luz polarizada, ele fez o feixe de luz ser refletido por uma superfície.

Exercício: Como Michael Faraday mediu a mudança de polarização da luz?

Impactos

O trabalho de Michael Faraday ajuda a aperfeiçoar o motor elétrico, que vai mudar completamente as máquinas.

A demonstração da unificação entre eletricidade, magnetismo e luz levou James Clerk Maxwell (1831 - 1879) a propor as equações que hoje levam seu nome.

Os campos elétrico e magnético foram unidos

$$\nabla \cdot \vec{B} = \rho_m$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_e$$

$$\nabla \times \vec{E} = \vec{J}_m - \frac{\partial}{\partial t} \vec{B}$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J}_e + \frac{\partial}{\partial t} \vec{D}$$

e fez-se a luz...

7.7 Calor - James Joule

A máquina térmica foi uma tecnologia fundamental do século XIX, daí a importância em compreender o calor. James Prescott Joule (1818 - 1889) estava preocupado em descobrir se a *força vital* associada com o trabalho realizado poderia simplesmente desaparecer, como era apresentado na teoria do calor na época. O calor era compreendido como um fluido contido dentro da matéria, denominado de calórico, conceito introduzido por Antoine-Laurent Lavoisier. Assim, a quantidade de calórico seria limitada dentro da matéria.

Hipótese: calor pode ser criado.

Não foi fácil para James Joule, que frequentemente tinha suas ideias ignoradas. Para demonstrar que o calor pode ser gerado, seu arranjo experimental foi simples e engenhoso, um tanque com água contendo um rotor conectado a um eixo com paletas e um corpo, conectado ao rotor por uma corda, que poderia ser deixado cair. Um termômetro era utilizado para detectar qualquer variação de temperatura (Trabalho = $\mathcal{T} = \text{Peso} \times \text{Altura} \sim \Delta \text{Temperatura}$). Assim, ele demonstrou que calor é a transferência de energia térmica e não um fluido. O calor pode ser gerado enquanto for realizado trabalho. Ele também demonstrou que eletricidade gera calor, hoje conhecido como *efeito Joule*.

Exercício:

Como James Joule mediu a temperatura? Como era o termômetro utilizado por ele?

Impactos

Não é o calórico que estava armazenado e sim a energia térmica. O calor deixa de ser algo que está arma-

zenado para ser a transferência de energia térmica. Sua compreensão leva ao desenvolvimento de máquinas térmicas eficientes e até mesmo inferir sobre a evolução do Universo.

Surge o princípio da conservação da energia - o que é conservado é a energia, U , e não o calor, Q .

$$\mathcal{T} = Q - \Delta U \quad (7.1)$$

7.8 *Velocidade da luz - Albert Michelson*

A luz possibilita que se enxergue o mundo ao redor. Essa percepção é instantânea ou haveria um retardo como no caso do som? Seria a velocidade da luz infinita ou finita? O problema de medir a velocidade da luz interessou Galileu Galilei. Esse problema também parece ter interessado Aristóteles e Alhazen. Assim, tentativas de medir a velocidade da luz foram realizadas por diversos investigadores, incluindo Armand-Hippolyte-Louis Fizeau (1819 - 1896) e Jean Bernard Léon Foucault (1819 - 1868). Além disso, no contexto

do conhecimento de mecânica do século XIX, se a luz é uma onda, ela se propaga sobre um meio. Esse meio foi denominado de *éter*. Não apenas a luz, mas todos os corpos celestes teriam uma velocidade bem determinada sobre o *éter*.

Hipótese: Se o *éter* existe, pode-se medir a velocidade da Terra sobre o mesmo.

Albert Abraham Michelson (1852 - 1931) teve a ideia de usar a medição da velocidade da luz para determinar a velocidade da Terra sobre o *éter*. Assim, a velocidade da luz deveria variar em função da velocidade da Terra sobre o *éter*. Para medir a velocidade da luz, ele montou um interferômetro com a ajuda de Edward Williams Morley (1836 - 1923), e também com sua ajuda, ele realizou as medições experimentais. Esse equipamento é conhecido hoje como interferômetro de Michelson-Morley. Ele teve todo o cuidado para evitar o erro experimental, reduzindo vibrações e controlando a variação da temperatura. Assim pôde ter confiança sobre o resultado. Ele não conseguiu detectar nenhuma variação da velocidade da luz. Os resultados foram negativos. A velocidade

da luz é a mesma em todas as direções!

Impactos

Na tentativa de medir o efeito do éter, obteve como resultado que o éter não existe. A confirmação que o éter não existe, leva a criação da teoria de Hendrik Antoon Lorentz (1853 - 1928) para o espaço-tempo (1904) e posteriormente o surgimento da teoria da relatividade restrita (1905) de Albert Einstein (1879 - 1955).

Hoje a velocidade da luz é considerada uma constante natural e é usada para determinar o *metro* padrão.

$$c = 299.792.458 \text{ km/s}$$

7.9 *Reflexo condicionado - Ivan Pavlov*

Durante o século XIX, observou-se grande progresso na construção de sistemas mecânicos. Esse sucesso tem reflexo em outras áreas do conhecimento. Nesse contexto, Ivan Sechenov, autor de *Reflexos do cérebro*, imaginou o cérebro como uma máquina sofisticada,

em que as atividades cerebrais, incluindo as emoções, seriam respostas ao estímulo dos sentidos gerando movimentos mecânicos.

Ivan Petrovich Pavlov (1849 - 1936) trabalhou originalmente com a fisiologia da digestão, trabalho que foi reconhecido e lhe rendeu o prêmio Nobel em 1904. Com base nesse trabalho, ele começou a investigar como o sistema nervoso ou o cérebro estaria envolvido na reação do organismo à estímulos externos. Embora, a investigação do funcionamento do cérebro pode levar a considerações filosóficas, logo ele percebeu que era necessário deixar de lado as questões metafísicas e se concentrar nos aspectos científicos para poder formular uma hipótese e testá-la.

Hipótese: o sistema nervoso ou o cérebro pode ser condicionado.

Para investigar o sistema nevoso, Ivan Pavlov utilizou cães em que a produção de saliva é monitorada. Em particular, o estudo buscou elucidar como o cérebro poderia ser programado para exibir determinada reação. Assim, usando luz, música, choque elétrico, som, tempo, Pavlov treinou cães mostrando

um pedaço de carne. Depois de repetir diversas vezes, observa-se que o cão produz saliva apenas detectando o estímulo, demonstrando que seu cérebro foi programado. Ele teve o cuidado de controlar a influência do ambiente, por exemplo realizando isolamento acústico, para evitar que houvesse um viés não controlado nos dados coletados. Note-se que o reflexo condicionado é diferente da reação instintiva. O reflexo condicionado é aprendido, enquanto a reação instintiva pode ser resultado da evolução. A investigação de Ivan Pavlov refere-se à resposta condicionada, é o início da compreensão de como funciona o cérebro.

Impactos

Durante o século XX, a descoberta que o cérebro pode ser programado, tornou-se a base da propaganda comercial e estatal e do controle do estado sobre seus cidadãos!

7.10 Carga elétrica - Robert Milikan

Em 1897, J. J. Thomson observou que os raios catódicos era um fluxo de matéria negativa. Batizado pos-

teriormente como *elétron*, partículas de eletricidade. É a descoberta da primeira partícula sub-atômica.

Hipótese: se a eletricidade está associada a partículas, pode-se medir o valor da carga elétrica de uma delas.

Robert Andrews Milikan (1868 - 1953) decidiu realizar a medição da carga, melhorando um equipamento que vinha sendo utilizado na Europa. O equipamento original utilizava vapor d'água, que era ionizado com raios-X ou radioatividade. Com a ajuda de Harvey Fletcher, ele substituiu o vapor d'água por gotículas de óleo.

Robert Milikan ganhou o prêmio Nobel, mas não mereceu tal reconhecimento. Ele não deu o crédito correto ao trabalho realizado por Harvey Fletcher. Além disso, ao relatar os resultados, selecionou dados. Dois exemplos de falta de ética.

Impactos

O elétron é o tijolo elementar da eletrônica e da microeletrônica, que tornou possível a sociedade da informação.

Capítulo 8

Mais experiências científicas

Uma outra compilação de belas experiências científicas pode ser encontrada no livro de Robert P. Crease, *The prism and the pendulum: the ten most beautiful experiments in science*.

1. Difração do feixe de elétrons pela dupla fenda por Clinton Davisson e Lester Germer
2. Experiência com objetos em queda realizada por Galileu Galilei.

3. Medição da carga do elétron por Robert Milikan.
4. Decomposição da luz com o prisma realizada por Isaac Newton.
5. Interferência da luz realizada por Thomas Young.
6. Experiência da barra de torsão realizada por Henry Cavendish.
7. Medição da circunferência da Terra por Eratóstenes.
8. Experiência do plano inclinado realizada por Galileu Galilei.
9. Descoberta do núcleo por Ernest Rutherford.
10. Pêndulo de Léon Foucault.

Essa lista contém algumas das experiências já apresentadas. Deixa-se para o leitor examinar essa lista com mais detalhes, mas duas experiências são destacadas: a medição da circunferência da Terra e o pêndulo de Foucault.

8.1 *A Terra é uma esfera*

Hoje sabe-se que o planeta Terra tem formato aproximadamente esférico. Baseado em observações, os gregos antigos, tais como Pitágoras e Aristóteles, já

acreditavam que a Terra seria redonda. A esfera matemática é um objeto abstrato caracterizado pela circunferência ou pelo raio. A circunferência equatorial da Terra é 40075 km e o raio é aproximadamente 6378 km.

Usando a posição da sombra em Alexandria e Assuã (Syene), Eratóstenes (276 ac - 194 ac) obteve que a Terra é uma esfera de circunferência igual a 40008 km. A medição foi realizada no solistício de verão. Além desse feito, ele é também o inventor da Geografia e do ano bisexto.

No século VI, o matemático e astrônomo indiano Aryabhata (476 - 550) calculou a circunferência da Terra, obtendo 39968 km. Não está claro como ele realizou a estimativa. Supõe-se que ele usou pontos em diferentes longitudes para realizar as medições, completando com cálculos de trigonometria para obter a circunferência equatorial. Aparentemente, ele foi o primeiro a calcular o valor do número $\pi = 3,14159$.

Outro que calculou a circunferência da Terra foi Abu al-Rayhan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni (973 - 1048), usando a altura de uma montanha e trigono-

metria, obtendo 39835 km. Com base nessa estimativa, ele suspeitou a existência do continente americano!

8.2 A Terra gira

Para demonstrar às pessoas comuns que a Terra gira, Jean Bernard Léon Foucault (1819 - 1868) preparou um pêndulo longo. Se pêndulo for colocado para balançar, a direção do balanço muda ao longo do dia. Talvez fique mais fácil de reconhecer, imaginando que o pêndulo está montado sobre o eixo de rotação da Terra. Enquanto ele balança em uma direção, a Terra sob o pêndulo gira, dando a impressão que o balançar mudou de direção. Essa experiência foi montada pelo próprio Léon Foucault no Panteão dos heróis da França em Paris e está em exposição permanente.

If you can't explain it to a 6-year old, you don't know it yourself.

Se não consegue explicar para uma criança de seis anos, você mesmo não sabe.

– *Albert Einstein*

8.3 *Descoberta do grafeno*

Em seu livro, George Johnson argumenta que a partir do século XX a investigação científica deixou de ser algo realizado por cientistas solitários com poucos recursos. A fase romântica havia terminado. Ciência havia passado a ser realizada por grandes grupos de cientistas em laboratórios extremamente caros. No entanto, uma descoberta desafia essa expectativa. Utilizando grafite e uma fita adesiva, Andrei K. Geim (1958 -) e Konstantin S. Novoselov (1974 -) conseguiram extrair uma camada do grafite, conhecida como grafeno. Feito que chegou a ser considerado impossível.

O grafeno é um material de propriedades surpreendentes, que para ser compreendido é necessário utilizar os conhecimentos mais avançados da ciência, incluindo a teoria quântica combinada com a teoria da relatividade. Ele é utilizado em novos materiais e novos dispositivos com potencial de causar uma revolução nas diversas áreas do conhecimento.

Capítulo 9

Cientistas brasileiros

9.1 Bioeletrografia - Padre Landell

Roberto Landell de Moura (1861 - 1928) teve formação em física e química em Roma. De volta ao Brasil, ele manteve seu interesse por ciência e tecnologia. Sendo reconhecido como inventor do transmissor de ondas (precursor do rádio), telégrafo sem fio e o telefone sem fio. Esses inventos foram patenteados no Brasil em 1901 e nos EUA em 1904. Sua ida para os EUA pode ter sido uma fuga do sectarismo religioso. Ele

era um padre católico. Foi condenado pela igreja e também teve seu laboratório incendiado. Além de não ter tido apoio institucional do governo brasileiro.

Ele também descobriu o efeito que hoje é conhecido como efeito Landell - Kirlian ou bioeletrografia. O padre Landell fez a descoberta em 1904. Anos depois, em 1939, o efeito foi redescoberto por Semyon Davidovich Kirlian. Essa fotografia, que também é conhecida como *fotografia da aura*, consiste em colocar o corpo sobre uma chapa fotográfica e aplicar sobre o mesmo um sinal de tensão elétrica pulsado ($10 \mu\text{s}$, 10 kHz) de intensidade elevada (3 kV), mas de baixa potência, resultando em um efeito eletroluminescente, que é registrado na chapa fotográfica. A frequência pode ser variada para obter diferentes efeitos. É resultado de uma descarga elétrica (efeito corona) entre o corpo e a chapa fotográfica.

9.2 Doença de Chagas - Carlos Chagas

Carlos Justiniano Ribeiro Chagas (1879 - 1934) estudou medicina no Rio de Janeiro. Ele foi único na história da medicina, pois:

- Descreveu a doença infecciosa, hoje conhecida com **Doença de Chagas**.
- Identificou o hospedeiro: barbeiro (*triatoma*).
- Identificou o agente patogênico: *tripanosoma cruzi*.
- Desenvolveu a estratégia de prevenção.

Ele também estudou a malária e desenvolveu uma técnica de prevenção. Poderia ter sido o primeiro prêmio Nobel obtido por um brasileiro. Chegou a ser nomeado em 1913 e 1921. Mas sofreu grande oposição da Academia Nacional de Medicina e de um sofista invejoso, que fez campanha contra e pode ter contribuído para que Carlos Chagas não obtivesse a justa premiação.

Parte III

CRIATIVIDADE

Capítulo 10

Bloqueio mental

Como foi demonstrado por Ivan Pavlov, o cérebro pode ser treinado para seguir certos padrões ou pensar dentro de certos limites. Imagina-se livre, quando na verdade se está preso por limites impostos a si mesmo. São os bloqueios mentais. Caberia à educação corrigir isso. O primeiro passo do processo criativo é eliminar bloqueios mentais ou ter consciência da existência dos mesmos. O bloqueio mental restringe o espaço de solução dos problemas. A pior prisão é a da mente.

When a distinguished but elderly scientist states that something is possible, he is almost certainly right. When he states that something is impossible, he is very probably wrong.

– Arthur Charles Clarke

Um cientista tem que ser capaz de pensar fora da caixa. Depois de dispor de toda a informação que foi possível coletar, ele usa sua criatividade para propor uma hipótese. Essa capacidade criativa também é usada para elaborar uma lista de hipóteses alternativas, conceber o arranjo experimental ou propor uma nova teoria. Ele deve ser capaz de imaginar e verificar todas as maneiras pelas quais a hipótese é falsa.

Em Ciência, as perguntas não podem ser restringidas ou limitadas por dogmas ou pelo sectarismo. Exemplos de perguntas:

- Somos únicos no universo ou o universo é povoado? Onde está todo mundo? Existe um grande filtro ¹?

¹ Conhecido como *filtro de Enrico Fermi*.

- O rei Salomão teria tido todo o poder atribuído a ele ou seus feitos teriam sido copiados das realizações do faraó Amenhotep III (1386 ac - 1349 ac)?
- Quem poderia ter sido o pai biológico de Jesus, o homem histórico?

Recomenda-se a leitura do Épico de Gilgamesh, escrito há mais de 4 mil anos atrás pelo povo Sumério. A mais antiga obra de literatura conhecida.

A mente tem que ser revolucionária para criar, mas altamente disciplinada para executar!

– Edval J. P. Santos

10.1 *Sectarismo*

Em 1632, Galileu Galilei apresentou sua obra *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, comparando o sistema Ptolemáico com o sistema de Copérnico. A teoria heliocêntrica foi considerada herética em 1633 por Urbano VIII. Embora, a teoria heliocêntrica tenha

sido promovida anteriormente por Nicolaus Copernicus (1473 - 1543), talvez ele tenha sido poupado pela igreja Católica porque o papa Clemente VII não a teria compreendido em 1533.

No sul europeu surge:

- Inquisição espanhola, 1478 a 1834.
- Inquisição portuguesa, 1536 a 1821.
- Inquisição romana, 1542 a 1858.

A inquisição espanhola foi intensificada após a expulsão dos Árabes (Mouros). Em 1492, Fernando II e Isabel conquistaram Granada, último reduto mulçumano. O sectarismo religioso de Felipe II da Espanha leva ao declínio do poderio Espanhol, a partir da destruição de *la armada invencible*, em 1588.

Galileu foi condenado a se retratar. Assim sua obra prima, *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche Intorno a Due Nuove Scienze* (Diálogo sobre as duas ciências), 1638, foi contrabandeada para a Holanda, onde foi publicada.

A resistência dos bárbaros atrasados do norte europeu em relação ao domínio romano, como também a distância, ajude a entender a menor influência da igreja Católica nessas regiões, possibilitando o surgimento do movimento protestante, que contesta o poder papal. Um menor sectarismo favorece o desenvolvimento científico. O desenvolvimento intelectual é favorecido quando se pode conversar respeitosa-mente com quem se discorda! Talvez isso ajude a explicar o maior dinamismo científico e tecnológico do norte da Europa quando comparado ao sul da Europa até os dias atuais.

A religião é boa quando aproxima as pessoas, fazendo com que cresça o respeito ao próximo e possibilite que uma coletividade desenvolva soluções. A religião é ruim quando o fundamentalismo se apodera dos espíritos, causando o desrespeito e o afastamento das pessoas. Quando um grupo se acha melhor que o outro. Quando promove o sectarismo.

Atualmente, observa-se o crescimento do sectarismo, seja entre torcidas de futebol, seja nas redes sociais. Talvez isso seja resultado de uma educação

de (*baixa*) qualidade. Como antecipou George Orwell, hoje utiliza-se a palavra qualidade sem informar se é ruim ou boa. Uma mente de fato educada é uma mente iluminada, não se deixa contaminar em tempos sombrios.

Mit der Dummheit kämpfen Götter selbst vergebens

Contra a estupidez, até mesmo os deuses lutam em vão.

– *Friedrich Schiller*

10.2 *Final*

Deve-se ter muito cuidado e muita honestidade para aplicar o método científico. Não se pode deixar enganar pela aparência de que se faz ciência. Se acontecer, não deixará de ser apenas aparência. No fim, estará apenas se auto-enganando. É o que Richard Feynman denominou de *cargo cult science* (ciência da adoração à mercadoria):

In the South Seas there is a cargo cult of people. During the war they saw airplanes land with lots of

good materials, and they want the same thing to happen now. So they've arranged to imitate things like runways, to put fires along the sides of the runways, to make a wooden hut for a man to sit in, with two wooden pieces on his head like headphones and bars of bamboo sticking out like antennas - he's the controller - and they wait for the airplanes to land. They're doing everything right. The form is perfect. It looks exactly the way it looked before. But it doesn't work. No airplanes land. So I call these things cargo cult science, because they follow all the apparent precepts and forms of scientific investigation, but they're missing something essential, because the planes don't land.

– Richard P. Feynman

Pode-se usar expressão semelhante para o pseudo-desenvolvimento tecnológico - *cargo cult technology*. Parece que é, mas não é!

O cientista é aquele que aplica corretamente o método científico.

Se o grande filtro de Enrico Fermi estiver à frente, pode ser que todo o conhecimento científico e tecnológico se perca em uma destruição planetária de toda a civilização humana.

If, in some cataclysm, all of scientific knowledge were to be destroyed, and only one sentence passed on to the next generations of creatures, what statement would contain the most information in the fewest words? I believe it is the atomic hypothesis (or the atomic fact, or whatever you wish to call it) that

all things are made of atoms

– little particles that move around in perpetual motion, attracting each other when they are a little distance apart, but repelling upon being squeezed into one another.

– Richard P. Feynman

A riqueza mais importante de uma nação é seu povo. Assim, investir em educação de **alta qualidade** é de longe o melhor investimento de todos. O indivíduo educado está eternamente educado. Pode-se destruir os bens materiais, mas esses são reconstruídos ainda melhores. A hipótese apresentada nesse livro é que a evolução científica e tecnológica ocorreu por todo o planeta, pelos mais diferentes povos. Ideias foram levadas de um lado para o outro por pessoas. Então ocorreram avanços, resultado da contribuição das mais diferentes civilizações. Aprender, agregar conhecimento e compartilhar esse aprendizado é o que nos faz humanos.

I do not know what I appear to the world; but to myself I seem to have been only like a boy playing on a seashore, and diverting myself now and then by finding a smoother pebble or a prettier shell than ordinary, whilst the great ocean of truth lay all undiscovered before me.

– Isaac Newton

Bibliografia

1. Muitas informações foram inicialmente coletadas na Wikipedia.
2. Platão, *O sofista - Diálogo*. Golden Books, São Paulo, 2005.
3. Peter B. Medawar, *Conselho a um jovem cientista*. Editora da UnB. Brasília, 1982.
4. René Descartes, *Discurso do Método*. Col. L&PM Pocket. Porto Alegre, 2005.
5. Yasmeen Mahnaz Faruqi, *Contributions of Islamic scholars to the scientific enterprise*, International Education Journal, 7(4), 391-399, 2006.
6. Dante Alighieri, *A divina comédia: inferno*. Editora 34, 2010.
7. A. T. Omlstead, *History of the persian empire*. Capítulos XXIV e XXXI. The University of Chicago Press. Chicago, 1948.

8. Edward Gibbon, *The decline and fall of the Roman empire*. Wordsworth Editions Ltd, Herts, 1999.
9. Arthur Goldschmidt, Jr. *A concise history of the middle east*. Westview Press, 4^a Edição. Boulder, 1991.
10. George Johnson, *The ten most beautiful experiments*. Randon House Inc. Nova Iorque, 2008.
11. Jefferson H. Weaver, *The world of physics*. Volume III, Simon and Schuster, Nova Iorque, 1987.
12. James L. Adams, *Conceptual blockbusting: a guide to better ideas*. Basic Books, 3^a Edição. Cambridge, 1986.

Biografia - Edval J. P. Santos

obteve o doutorado em filosofia em engenharia elétrica, Ph.D., na universidade de Cornell, Ithaca-NY, EUA. Obteve o mestrado em ciência em engenharia elétrica, MSEE, na universidade de Yale, New Haven-CT, EUA. Apresentou palestras convidadas em diversos países: Argentina, Brasil, Colômbia, México, Rússia, Peru. Nasceu em Aracaju-SE e atualmente é professor titular de engenharia na Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

Ele é autor do livro intitulado *Eletrônica analógica integrada e aplicações* e do livro intitulado *Nanotecnologia eletrônica*. Também é o autor da primeira patente obtida pelo escritório de patentes da UFPE: carta patente nº PI 0204519-2, intitulada *Equipamento eletrônico para monitoramento da concentração de componentes em combustíveis líquidos*. Feito elogiado pela Câmara Municipal de Recife com um **Voto de Aplauso**.

Para críticas técnicas ou científicas, sugestões, elogios, convites para palestra ou doações, escreva para edval@ee.ufpe.br ou e.santos@expressmail.dk.