

# **A Construção do Conhecimento Científico e Implicações Didáticas**

**Elio Carlos Ricardo**  
**Universidade de São Paulo**

# Atividade 01:

Texto 01 – Maxwell (1861)

Texto 02 – Boyle (aprox. 1660)

Texto 03 – Newton (1704)

Texto 04 – Newton (1704)

Texto 05 – Galileu (1610)

# Dimensão criativa da ciência?

Reichenbach: contexto da descoberta e contexto da justificação.

FC – contexto da justificação.

Séc. XX: HFC – contexto da descoberta.

# Epistemologia histórica

Michel Paty – Atividade Criativa:

- Não é um “momento de inspiração isolado”;
- Processo em que há o desenvolvimento de um pensamento vinculado aos conteúdos conceituais e teóricos e relacionado a construção de explicações e representações.

## Granger – Atividade Criativa:

Imaginação é a criação de objetos em um sistema simbólico.

Pensamento humano – capacidade de gerar representações mentais para elementos do mundo.

# NOVA CIÊNCIA

Árduo trabalho de argumentação;

Esforço de imaginação para definir conceitos que não existem;

Criação: etapas para tornar inteligível objetos desconhecidos (não só lógica e contínua).

# Exemplo: Copérnico

Primeira Exigência: Não existe um centro único de todos os orbes ou esferas celestes.

Segunda Exigência: O centro da Terra não é o centro do mundo, mas apenas o da gravidade e do orbe lunar.

Terceira Exigência: Todos os orbes giram em torno do sol, como se ele estivesse no meio de todos; portanto; o centro do mundo está perto do Sol.

Quarta Exigência: A razão entre a distância do Sol à Terra e a altura do firmamento é menor do que a razão entre o raio da Terra e sua distância ao Sol; e com muito mais razão esta é insensível confrontada com a altura do firmamento.

Quinta Exigência: Qualquer movimento aparente no firmamento, não pertence a ele, mas à Terra. Assim a Terra, com os elementos adjacentes, gira em torno dos seus polos invariáveis em um movimento diário, ficando permanentemente imóvel o firmamento e o último céu.

Sexta Exigência: Qualquer movimento aparente do Sol não é causado por ele mas pela Terra e pelo nosso orbe, com o qual giramos em torno do sol como qualquer outro planeta. Assim, a Terra é transportada por vários movimentos.

Sétima Exigência: Os movimentos aparentes de retrogressão e progressão dos errantes não pertencem a eles mas à Terra. Apenas o movimento desta é suficiente para explicar muitas irregularidades aparentes no céu. (Copérnico, 1510)

Assim, portanto, com essas premissas, tentarei mostrar brevemente como pode ser conservada a uniformidade dos movimentos, de um modo sistemático. Porém, para ser breve, julguei que as demonstrações matemáticas devem ser omitidas aqui, tendo-as destinado para um volume maior. No entanto, serão colocadas aqui, na explicação dos círculos, as medidas dos semidiâmetros dos orbes, através das quais aquele que não ignorar a ciência matemática facilmente perceberá o quanto tal composição dos círculos se ajusta aos dados numéricos e às observações. (Copérnico, 1510)

Para que ninguém julgue que eu gratuitamente afirmei a mobilidade da Terra, junto com os pitagóricos, deve-se perceber a grande prova contida na descrição dos círculos. De fato, os principais argumentos pelos quais os Físicos tentam fundamentar a imobilidade da Terra, apoiam-se sobretudo nas aparências; e aqui elas são as primeiras a cair por terra, pois consideramos a imobilidade da Terra como devida a essa mesma aparência. (Copérnico, 1510)







# Ciência “Nominalizada”

Versão pública da ciência – linguagem nominalizada – ETAPA FINAL.

Ex.: refração – para descrever a mudança de direção sofrida por um raio de luz ao mudar de meio material transparente.

Ex.: fotossíntese – sintetização de compostos orgânicos produzidos pelas plantas através da captação da luz do Sol.

# Etapa Inicial:

Linguagem menos estável;

Linguagem interpretativa;

Recursos a metáforas e analogias  
(é como se...)

# Relação entre física e matemática

Matemática como estrutura do pensamento

Como pode a matemática se adaptar de uma maneira tão admirável aos objetos da realidade? (Einstein)

“A 1ª lei pode ser considerada como um caso particular da 2ª: se a força resultante  $F$  que atua sobre uma partícula é nula, a  $[F=ma]$  mostra que  $a=0$ , e já demonstramos que isto acarreta para a partícula a permanência em repouso ou em movimento retilíneo uniforme.” (Nussenzveig, 2002, p.70)

# Concepção de ciência

Leis Físicas



Formulação Matemática



Desenvolvimento



Resultado

“Ingenuamente, poderíamos pensar que a primeira lei de Newton decorre da segunda. Isto se deve porque fazendo  $F=0$  na expressão da segunda lei de Newton, ou seja, considerando que a partícula não está sujeita a nenhuma interação, obtemos que o movimento linear deve ser constante, exatamente como estabelece a primeira lei. O fato de chegarmos à conclusão de que o momento de uma partícula é constante quando não está sujeita a nenhuma interação é porque estamos num referencial inercial, que foi definido pela primeira lei. (Barcelos Neto, 2004, p.11)

A epistemologia de Einstein: “os conceitos de toda teoria são construídos pelo pensamento, e esta construção, anterior à experiência, é um elemento indispensável de interpretação desta última, de outra parte, estes conceitos são constituídos matematicamente como elementos de representação do mundo físico.”  
(Paty, 1990)

# Newton – “Principia” (1687)

(...) já que os antigos (como nos diz Pappus) consideravam a ciência da mecânica da maior importância na investigação das coisas naturais, e os modernos, rejeitando formas substanciais e qualidades ocultas, têm se esforçado para sujeitar os fenômenos da natureza às leis da matemática, cultivei a matemática, neste trabalho, no que ela se relaciona à filosofia. (Newton, 2008a, p.13)

“a mecânica racional será a ciência dos movimentos que resultam de quaisquer forças, e das forças exigidas para produzir quaisquer movimentos, rigorosamente propostas e demonstradas” (Newton, 2008a, p.14).

(...) cabe aos matemáticos encontrar a força que pode servir exatamente para reter um corpo em uma determinada órbita, com uma dada velocidade; e vice versa, determinar a curva descrita por um corpo quando desviado de seu curso retilíneo natural por meio de uma força dada, ao ser arremessado de um dado lugar, com uma dada velocidade. (Newton, 2008a, p.42)

*Newton compreendeu que a determinação das leis matemáticas que descrevem os movimentos dos planetas não depende da resposta que se dê à questão da origem desses movimentos ou à natureza das forças de atração.*

*“o tempo absoluto, verdadeiro e matemático, por si mesmo e por sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa e é também chamado de duração. O tempo comum aparente e relativo é uma medida de duração perceptível e externa (...)”* (Newton, 2008a, p.45)

# Livro III – O Sistema do Mundo (Tratado Matematicamente)

*Nos livros I e II estabeleceu “os princípios de filosofia, não princípios filosóficos, mas matemáticos, isto é, tais que possamos basear nossos raciocínios em investigações filosóficas. Estes princípios são as leis e condições de certos movimentos, e poderes ou forças, que dizem respeito principalmente à filosofia” (Newton, 2008b, p.183).*

*“para nós é suficiente que a gravidade exista realmente e atue de acordo com as leis que explicamos, servindo abundantemente para explicar todos os movimentos dos corpos celestes e do nosso mar” (Newton, 2008b, p.331).*

*“nosso propósito resume-se a estabelecer a quantidade e propriedades desta força a partir dos fenômenos, e aplicar o que descobrirmos em alguns casos simples como princípios, pelos quais, de modo matemático, seja possível estimar os efeitos produzidos em casos mais complexos” (Newton, 2008b, p.337).*

*“dissemos de modo matemático a fim de evitar questões sobre a natureza ou a qualidade dessa força, a qual não pretendemos determinar por qualquer hipótese. Logo, convém denominá-la pelo nome geral de força centrípeta, já que é uma força dirigida a algum centro” (Newton, 2008b, p.337)*

# D'Alembert

## Traité de Dynamique (1743)

*“é então evidente que apenas pela aplicação da geometria e do cálculo, pode-se, sem a ajuda de nenhum outro princípio, encontrar as propriedades gerais do movimento, que varia segundo uma lei qualquer” (d'Alembert, 1758, p.viii).*

# Lagrange

## Mécanique Analytique (1788)

“Não se encontrará figuras nesta obra. Os métodos que eu exponho não demandam nem construções, nem raciocínios geométricos ou mecânicos, mas somente operações algébricas, sujeitas a um método regular e uniforme. Aqueles que amam a análise, verão com prazer a mecânica tornar-se um novo ramo, e me será de bom grado haver estendido assim seu domínio.” (Lagrange, 1788, p.v-vi)

# Questão:

Como a matemática tem que ser ensinada?

Para uma ciência normal

Para uma ciência revolucionária

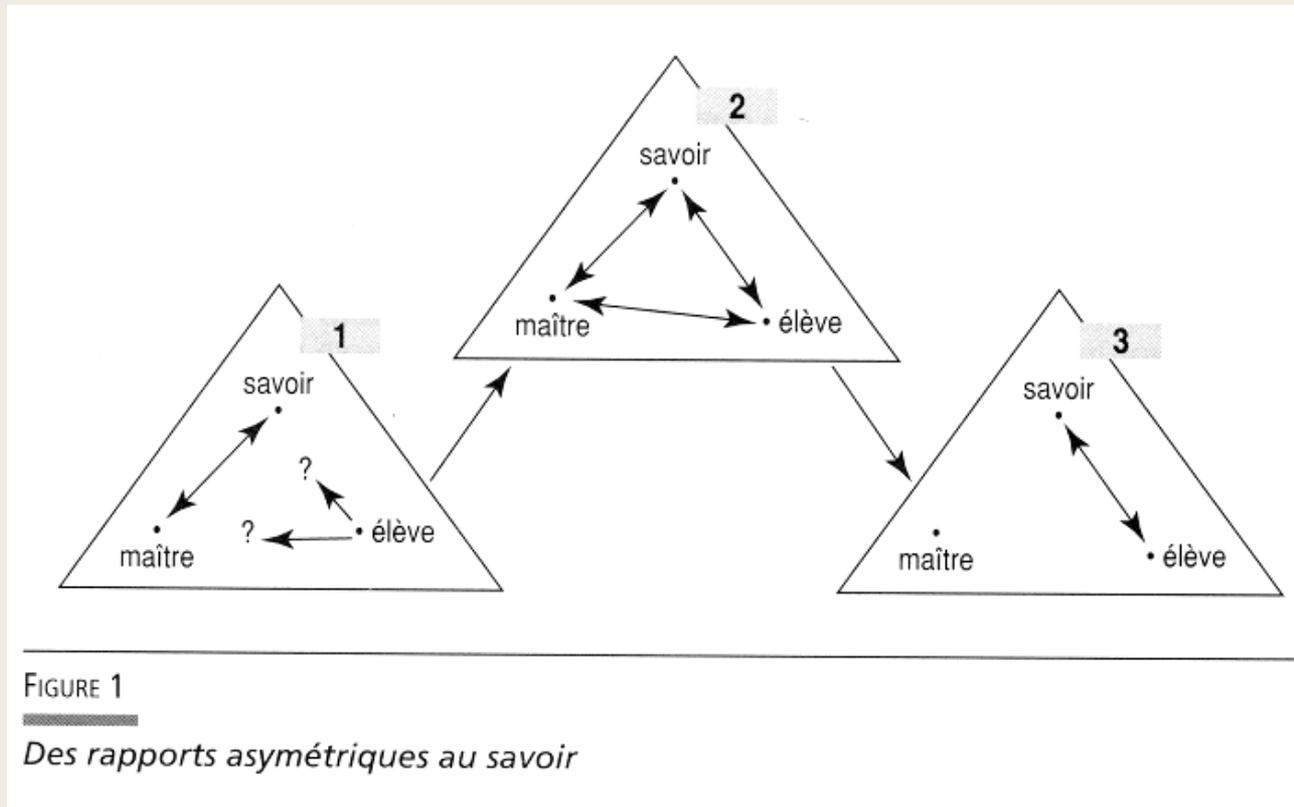
# Relação com o ensino

Vigotski – crianças podem emitir enunciados que não refletem o conteúdo do seu pensamento.

Reproduz enunciados!

“mudança conceitual” – radical / abrupta.

# As relações com os saberes:



É um problema novo?

Este livro foi escrito para impedir que a Mecânica se degenerasse em uma sequência de fórmulas exatas e precisas, mas secas e estéreis. No ensino francês, por causas que são inúteis enumerar, pois todos as conhecem, a Mecânica, pouco a pouco esvaziada de todo conteúdo real, encontra-se reduzida a uma forma rígida, mas morta; (...) Que os professores e estudantes leiam e meditem a Mecânica do professor Mach; eles encontrarão os princípios de ressurreição que, sobre as ossadas dessecadas desse esqueleto, farão renascer a carne, viva e palpitante. (Duhem, 1903, p.462)

Até quando a física escolar vai continuar sendo uma sequência de fórmulas secas e estéreis?

Quais as consequências didáticas de uma imagem distorcida da ciência?

# História: verdadeira ou plausível?

Arquimedes e a coroa do Rei

A maçã de Newton

O acidente de Oersted

# O exemplo de Galileu

Empirista (Ernst Mach)

Herdeiro da Física Medieval (Pierre Duhem)

Platônico (Alexandre Koyré)

Manipulador de ideias (Paul Feyerabend)





Qual imagem de Galileu é a correta?

Qual imagem de Galileu está nos livros didáticos? Por que?