

V Seminário - A Filosofia das Origens

Rio de Janeiro, Agosto de 2008

O Uso do Método Científico para a Avaliação de Evidências

Prof. Eduardo F. Lütz

O Uso do Método Científico para a Avaliação de Evidências



- O que é Matemática
- O papel da Matemática na Ciência
- Verdadeira e falsa ciência
- Correção de conceitos
- Evidências

A Matemática não é...

- **uma linguagem: qualquer linguagem de uma classe infinita pode ser usada; nem todas as classes de linguagens são eficientes.**
- **conhecimento humano ou um subconjunto dele: a abrangência e validade de teoremas é incompatível com essa idéia.**
- **uma invenção humana, um conjunto de definições arbitrárias, símbolos, axiomas e teoremas: excesso de liberdade criativa gera contradições...**

Matemática

- Mesmo as definições, que deveriam ser arbitrárias se a Matemática fosse uma “livre criação do espírito humano”, geram paradoxos quando não obedecem certas regras que independem da vontade humana.
- São essas regras que nos dão pistas sobre a natureza da Matemática.
- Há um ciclo de realimentação entre resultados de pesquisas em Física e em Matemática.

Matemática

- **A Filosofia abrange o conhecimento humano.**
- **A Matemática vai além.**
- **Do ponto de vista matemático, o conhecimento humano e sua filosofia são infinitesimais.**

Matemática

- **O pensamento humano consciente tende a partir do finito para o infinito. A Matemática parte do infinito para o finito.**
- **O número 1, por exemplo, que tendemos a considerar finito, representa a classe infinita de todos os conjuntos unitários.**

A Matemática e a Ciência

- As regras matemáticas são mais fundamentais do que as leis físicas. As regras permitem classes infinitas de leis físicas, que podem concretizar-se em outros universos.
- Tanto as regras matemáticas quanto as leis físicas são evidências de um sistema infinito com características de Ser Inteligente (Deus).

A Matemática e a Ciência

- O princípio de Hamilton é uma regra de otimização que se aplica às leis físicas. Esta é mais uma evidência de planejamento.

$$\delta A = \delta \int \mathcal{L} d\omega = 0$$

A Matemática e a Ciência

- A pesquisa tende a tornar-se muito mais eficiente quando métodos matemáticos são usados explicitamente. É esse ganho de eficiência que justifica o uso da expressão “pesquisa científica” ou mesmo da palavra “ciência”.

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_j} + \sum_{\ell=1}^m (-1)^\ell \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_j; \alpha_1 \dots \alpha_\ell} = 0$$

Falsa Ciência

- **Pesquisa não baseada explicitamente em métodos matemáticos pode ser aceitável e gerar bons resultados, desde que seja cuidadosa. Este tipo de pesquisa chama-se *não-formal*.**
- **Pesquisa não-formal não deve ser considerada científica, mesmo com resultados verificáveis.**
- **Pesquisa não-formal torna-se *falsa ciência* ao ser apresentada como se fosse científica.**

“Nomenklatura”

- **A maneira usual de definir ciência em livros didáticos abrange apenas uma forma simplificada de pesquisa experimental e leva a distorções conceituais graves.**
- **Essa forma não contempla devidamente a pesquisa experimental e deixa praticamente de fora toda a pesquisa teórica, sem a qual a experimental carece de sentido mais amplo.**

Correção de Conceitos

- Usaremos agora o símbolo “<” significando “**menos importante que**”, e “menos importante” é o que contém **menos informação relevante**.

Correção de Conceitos

- A seguinte idéia da “nomenklatura” popular é enganosa: hipótese < teoria < lei ou fato.
- Tal idéia é verdadeira apenas em algumas circunstâncias.
- Na pesquisa científica básica, o estágio mais avançado do conhecimento é a teoria formal, não o fato.

Correção de Conceitos

A origem da informação básica pode ser revelação, observação, experimentação ou imaginação, mas a forma mais avançada de organizar essa informação é a **teoria científica** (modelo matemático abrangente).

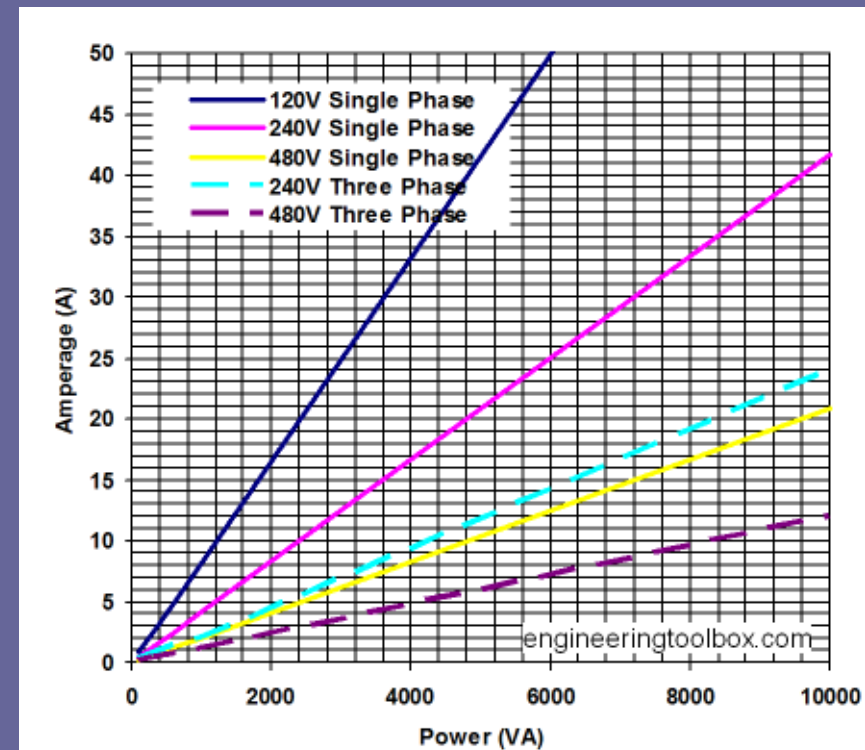
Exemplo: Teoria Eletromagnética

- Diversas observações motivaram experimentos.
- Diversos experimentos geraram resultados (dados, *fatos*).



Exemplo: Teoria Eletromagnética

- Quando combinados, os fatos permitiram a constatação da existência de classes (famílias) de fatos, chamadas *leis*. Uma lei expressa uma infinidade de fatos: uma *regularidade*.
- Fato < lei.



Exemplo: Teoria Eletromagnética

- Algumas dessas leis serviram de hipóteses para formar um *modelo matemático* capaz de gerar as próprias leis utilizadas em sua construção e muitas outras.
- Lei \leq hipótese $<$ modelo matemático.

Exemplo: Teoria Eletromagnética

- Por causa da sua abrangência, esse modelo matemático pode ser considerado uma *teoria formal* (teoria científica). (modelo \leq teoria.)
- Esta teoria científica gera um grande conjunto de leis, as quais geram uma infinidade de fatos cada uma.

$$\begin{aligned}d\mathbf{F} &= 0, \\ \delta\mathbf{F} + \mathbf{J} &= 0.\end{aligned}$$

Exemplo: Teoria Eletromagnética

- Neste caso, vale a hierarquia: fato < lei < hipótese < teoria.
- Tentar transformar uma hipótese em uma teoria por meio de testes geralmente faz pouco ou nenhum sentido do ponto de vista científico.
- Tentar reduzir uma teoria científica a uma lei ou a um fato também não faz sentido exceto no caso mais trivial.

Exemplo: Evolução da Vida

- **Observações e experimentos demonstram que existem mecanismos de seleção natural e também que organismos vivos podem sofrer alterações transmissíveis aos descendentes.**
- **Esses itens são resultados válidos da pesquisa: são fatos, ou, devido à sua generalidade, podem-se considerar leis.**
- **Estas leis podem ser usadas como hipóteses para a construção de um modelo.**

Exemplo: Evolução da Vida

- **O principal pré-requisito para tornar científico esse modelo é expressá-lo totalmente em linguagem matemática, de forma a conter todas as estruturas necessárias ao seu funcionamento.**
- **Uma consequência importante de tornar esse modelo científico seria a geração de leis bem definidas para a aplicação de métodos formais de avaliação de evidências.**

Exemplo: Evolução da Vida

- Ao invés de formalizar o modelo para reunir material para uma possível teoria científica, as pessoas tentam tirar conclusões diretamente das hipóteses do modelo não-científico.
- Outro equívoco: imaginar que o modelo dá qualquer informação sobre a origem da vida. É um grande engodo apresentar hipóteses imaginativas sobre a origem da vida como se fossem teorias científicas: isso é *falsa ciência*.

Exemplo: Evolução da Vida

- **A seguinte idéia tem sido amplamente divulgada de forma falaciosa: “A evolução não é apenas uma teoria: é um fato.”**
- **Deixando de lado os problemas conceituais básicos envolvidos, a falácia mais gritante nessa afirmação é a de, como as duas hipóteses fundamentais são fatos, todo o pacote evolucionista também o é, incluindo a origem espontânea da vida e as longas eras de evolução biológica.**

Exemplo: Evolução da Vida

- **Falácia: “As hipóteses são verdadeiras, portanto a teoria da evolução é um fato.”**
- **Cientificamente, não existe “teoria da evolução”, apenas linhas de idéias, pesquisas e até modelos rudimentares nesse sentido.**
- **Do amontoado de idéias que muitos pensam ser a “teoria da evolução”, apenas algumas decorrem logicamente das hipóteses fundamentais.**

Exemplo: Evolução da Vida

- **A evolução é um fato no sentido de que ocorrem coisas ao longo do tempo.**
- **As hipóteses de seleção natural e alterações de seres vivos ao longo do tempo são fatos.**
- **Não existe sequer uma teoria científica da evolução da vida, muito menos estudos científicos para avaliar formalmente evidências que lhe afetem.**
- **A pretensa teoria da evolução é falsa ciência.**

Evidências



- **Informalmente, a palavra “evidência” tem muitos significados, sendo que o mais próximo a nosso objetivo é o de informação que afeta a confiabilidade de uma hipótese.**
- **Evidências quase sempre são avaliadas de maneira intuitiva, não-formal, isto é, não-científica, mesmo nos meios acadêmicos.**

Evidências

- Há diversas formas de utilizar métodos matemáticos para avaliar evidências.
- Dada uma hipótese H com probabilidade $P(H)$, uma evidência E comporta-se como uma função com um efeito do tipo $E[P(H)] = P'(H)$.
- Evidências podem ser definidas como operadores em espaços de probabilidade.

Evidências: Exemplo Idealizado

- 100 esferas coloridas.
- Cada uma possui internamente um chip que armazena um número de 1 a 100.

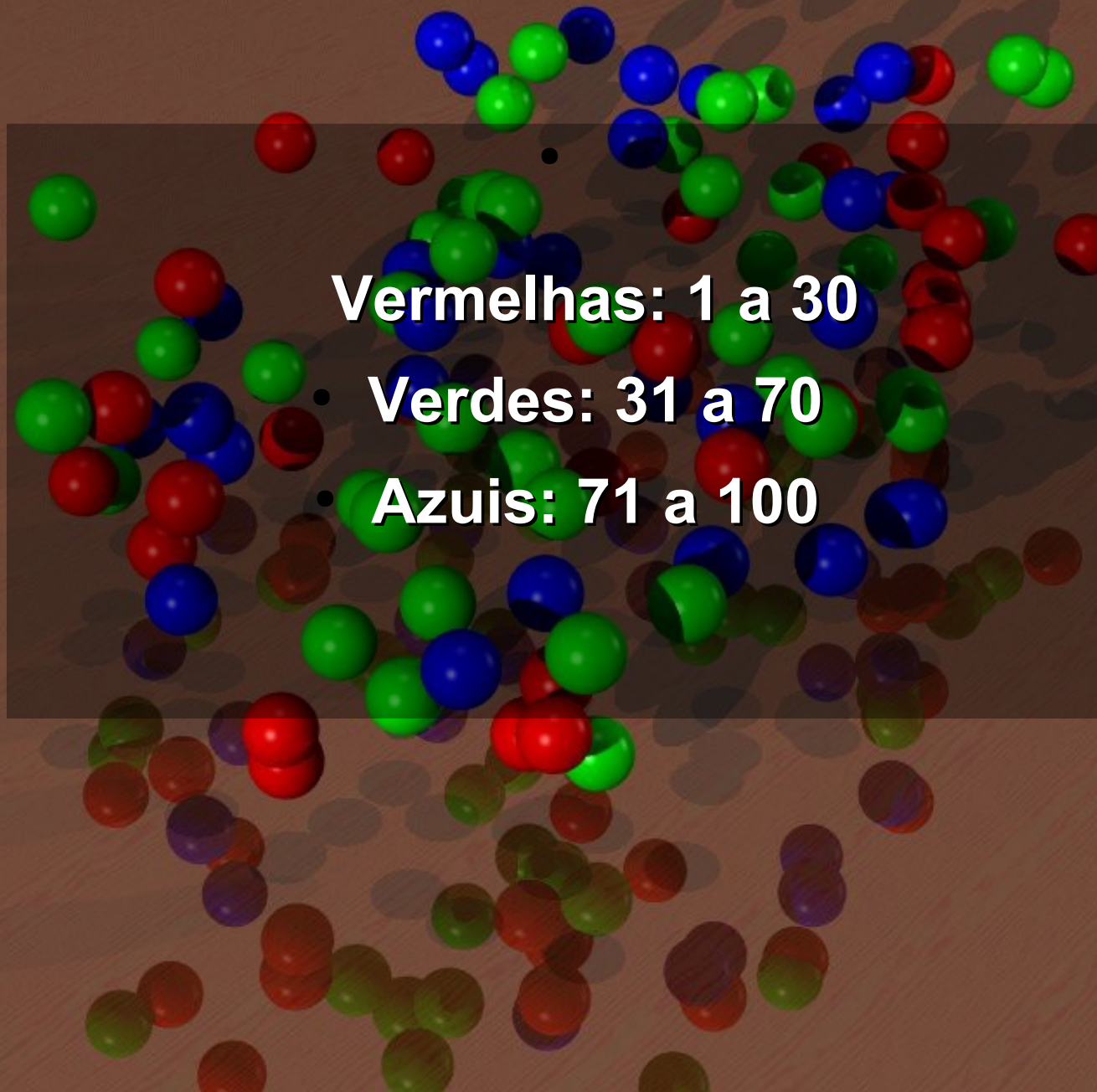


Evidências: Exemplo Idealizado

• 100 esferas coloridas.

- Cada uma possui internamente um chip que armazena um número de 1 a 100.

Evidências: Exemplo Idealizado



Evidências: Exemplo Idealizado

A 3D rendering of a wooden box with its lid open, filled with numerous small, smooth spheres in three colors: red, green, and blue. The spheres are scattered throughout the box, representing a random distribution of outcomes in a probability experiment.

- **Vermelhas: 1 a 30**
- **Verdes: 31 a 70**
- **Azuis: 71 a 100**
- **As esferas são colocadas em uma caixa**
- **Todas terão a mesma probabilidade de serem selecionadas**

Evidências: Exemplo Idealizado

An open wooden box is shown from a high-angle perspective, tilted slightly to the right. The box is filled with a collection of small, smooth, spherical objects in various colors: red, green, blue, and black. The objects are scattered across a dark, textured surface inside the box. The lighting is soft, creating subtle shadows and highlights on the wood and the spheres.

- Uma esfera foi selecionada, mas não sabemos qual.
- Hipótese H: a esfera selecionada foi a de número 50.
- Qual a probabilidade $P(H)$, com base apenas no que foi mencionado até o momento? Resposta: $P(H) = 1/100$.

Evidências: Exemplo Idealizado

A 3D rendered wooden box is shown open, tilted towards the viewer. Inside the box, there are numerous small, smooth spheres in various colors: green, blue, red, and black. One green sphere is positioned on the inner surface of the lid, slightly to the left of the center, and is highlighted with a bright green glow. The box has a natural wood grain texture and is set against a dark, neutral background.

- Conseguimos ver a cor da esfera selecionada mas não seu número: ela é verde.
- A informação de que a esfera é verde nos serve como uma evidência E que afeta a probabilidade da hipótese H .

Evidências: Exemplo Idealizado

A 3D rendered image of a wooden box with a lid. The lid is propped open, revealing a collection of small, colorful spheres (green, blue, red, and black) scattered inside. A single, larger green sphere is positioned on the top surface of the lid, slightly to the left of the center. The lighting is soft, creating subtle shadows and highlights on the wood grain and the spheres.

- Qual é a nova probabilidade de H , levando-se em conta esta evidência? Resposta: $P'(H)=1/40$.
- $P'(H) = (E \circ P)(H)$, isto é, a evidência aqui se comporta como uma “função de função”, ou como operador, dependendo das estruturas matemáticas que estivermos usando.

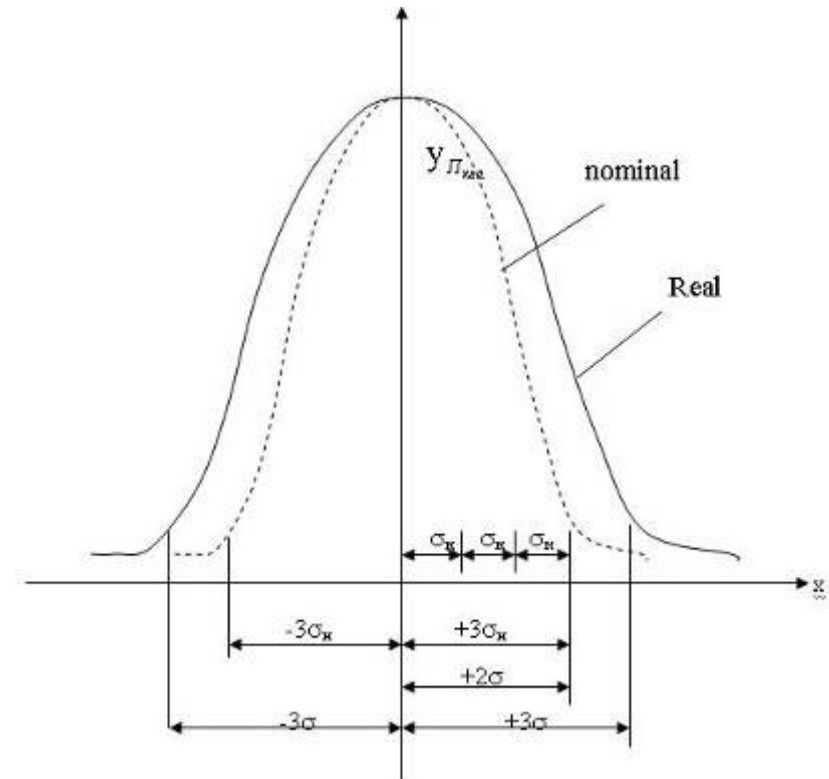
Evidências: Exemplo Idealizado

A 3D rendered wooden box is shown open, tilted towards the viewer. The interior of the box is filled with a mixture of small, semi-transparent spheres in various colors: green, blue, red, and black. On the inner surface of the lid, a single, larger green sphere is positioned. The lighting is soft, creating subtle shadows and highlights on the wood grain and the spheres.

- Outra abordagem: $P'(H) = P(H|E)$.
- Neste caso, E representa um subconjunto do espaço de hipóteses chamado *evento*.
- Um evento pode ser entendido como um conjunto de possibilidades aceitáveis em dado contexto.

Evidências

- **Uma abordagem bastante útil para a avaliação de evidências se baseia no uso de intervalos e níveis de confiança.**



Evidências

Por meio do estudo estatístico de resultados experimentais para o valor de uma grandeza X , obtém-se um intervalo $(a; b)$ (chamado intervalo de confiança) associado a uma probabilidade chamada nível de confiança.

Evidências

- **Exemplo simplificado: em 99% dos casos a medida do valor x da grandeza X encontra-se entre 6,9 e 7,1.**
- **Neste caso, ao intervalo de confiança $(6,9; 7,1)$ se atribui o nível de confiança de 99%.**



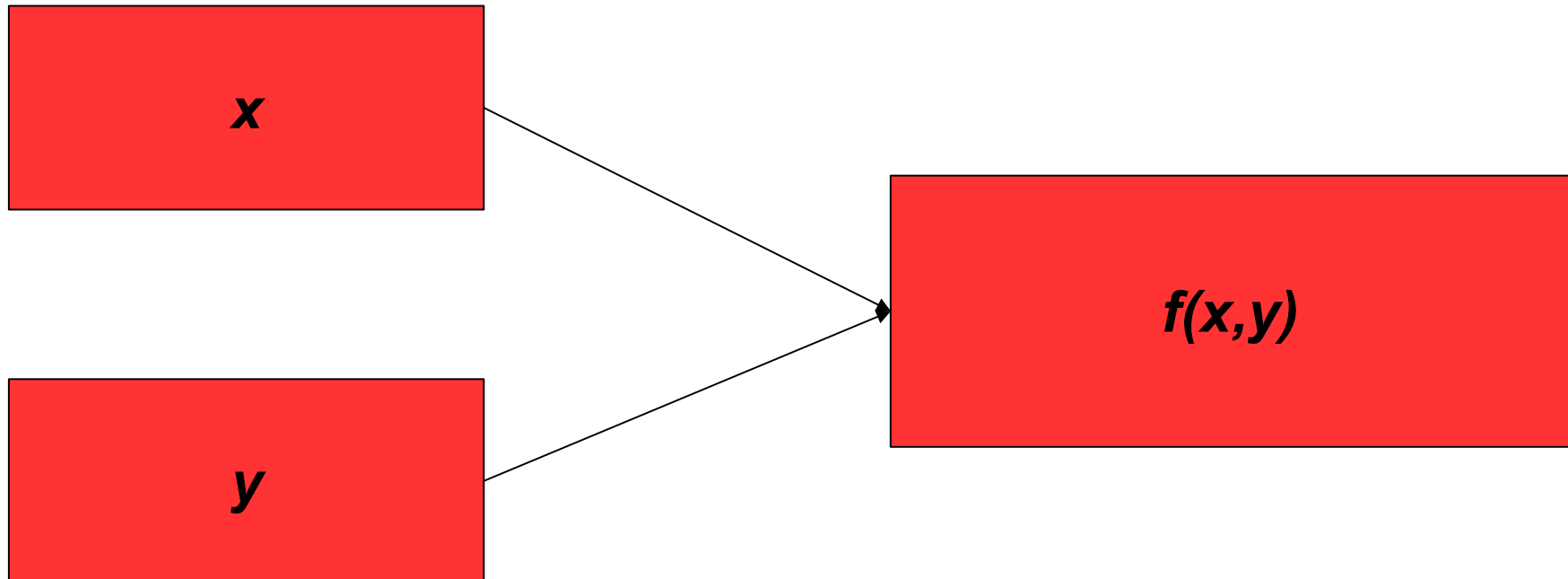
Evidências

- **Se X tem um valor fixo, mas difícil de medir, então a probabilidade de que esse valor esteja entre 6,9 e 7,1 é de 0,99, isto é, 99%.**
- **Isso é resumido por: $x = 7,0 \pm 0,1$, com nível de confiança de 99%.**



Evidências

- **Freqüentemente também é necessário calcular como a incerteza em certas variáveis afeta a incerteza em outras calculadas a partir das primeiras.**



Evidências

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$x_i = \bar{x}_i \pm \delta x_i$$

$$\delta y = \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \right| \delta x_1 + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \right| \delta x_2 + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial x_n} \right| \delta x_n$$

$$\bar{y} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$$

$$y = \bar{y} \pm \delta y$$

Evidências

- **Pode-se, por exemplo, medir diretamente a grandeza y , levando em conta intervalo e nível de confiança e comparar com o intervalo e nível de confiança obtido do cálculo da propagação de incertezas.**

$$y = \bar{y} \pm \delta y$$

$$y^* = \bar{y}^* \pm \delta y^*$$

Evidências

Estes são apenas exemplos de assuntos e atividades que se esperam encontrar na avaliação formal de evidências, independentemente da área específica.

Exemplo: Teoria Eletromagnética

$$\epsilon_0 \nabla \cdot \mathbf{E} = \rho,$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\mu_0 \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t},$$

$$\nabla \cdot \mathbf{H} = 0,$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{j}.$$

Exemplo: Teoria Eletromagnética

Um dos infinitos teoremas desta teoria é o de que ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo com velocidade

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} .$$

Exemplo: Teoria Eletromagnética

$$c = \bar{c} \pm \delta c,$$

$$\epsilon_0 = \bar{\epsilon} \pm \delta \epsilon,$$

$$\mu_0 = \bar{\mu} \pm \delta \mu.$$

Exemplo: Teoria Eletromagnética

$$\Delta c = \left| \left(\left| \delta\epsilon \frac{\partial}{\partial\epsilon} \right| + \left| \delta\mu \frac{\partial}{\partial\mu} \right| \right) \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} \right|_{\epsilon_0, \mu_0}$$

$$c^* = \frac{1}{\sqrt{\bar{\epsilon}\bar{\mu}}} \pm \Delta c.$$

Evidências

A avaliação formal de evidências pode ser aplicada também a dados não-numéricos, porém isso exige conhecimentos matemáticos mais profundos.

Ciência e Religião

- **Quando parece haver conflito entre religião e ciência, pelo menos um dos dois é falso (freqüentemente ambos são falsos).**
- **A verdadeira ciência não tem elementos para opor-se à verdadeira religião.**
- **A verdadeira religião jamais se encontrará em oposição à verdadeira ciência.**

Ciência e Religião

Há crendices que se passam por ciência sem qualquer apoio de evidências. Exemplo: a crença na origem espontânea da vida.

Ciência e Religião

Há crenças que são consideradas por muitos como infundadas mesmo havendo evidências para suportá-las. Exemplo: Deus existe, tem entrado em contato com a humanidade e é o Criador de tudo o que existe.

Ciência e Religião

Ciência e religião têm papéis muito diferentes, mesmo quando tratam de um mesmo assunto.

Abandonar uma em detrimento da outra é prejudicial tanto para o intelecto quanto para o espírito e para a vida em sociedade.