

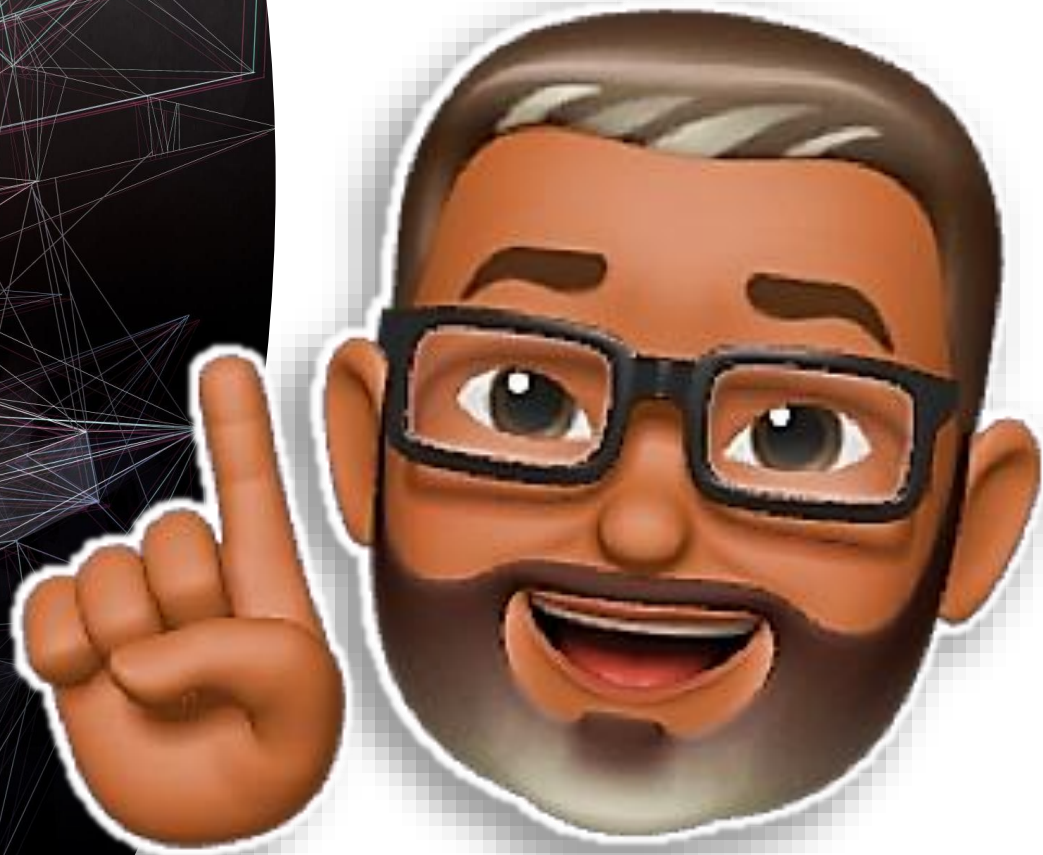


# MODELAGEM DE FENÔMENOS:

Precisamos  
falar sobre isso!

---

Augusto Uchôa



# TRILHA DE HOJE.....



- Reconhecer a modelagem como uma das etapas do processo científico e;
- Compreender e reconhecer a dinâmica, aleatoriedade e complexidade de diversos fenômenos estudados em Engenharia de Transportes

Será que pode-se modelar um fenômeno antes de conhecê-lo?



# CLARO QUE NÃO! CIÊNCIA PRECISA DE MÉTODO!

Inicia-se com a **observação** cuidadosa do fenômeno em questão;

Só então pode-se começar a **criar modelos** matemáticos ou conceituais do fenômeno, e eles descrevem o comportamento do fenômeno com base nas relações identificadas entre variáveis.

Com base na observação, **formulam-se perguntas** específicas sobre o fenômeno;

**Coleta-se de dados** de maneira sistemática e, muitas vezes, quantitativa;

Com base nos resultados dos testes, as **hipóteses** podem ser ajustadas e **refinadas**;

**Os dados são analisados** estatisticamente e interpretados para identificar padrões, tendências ou correlações;

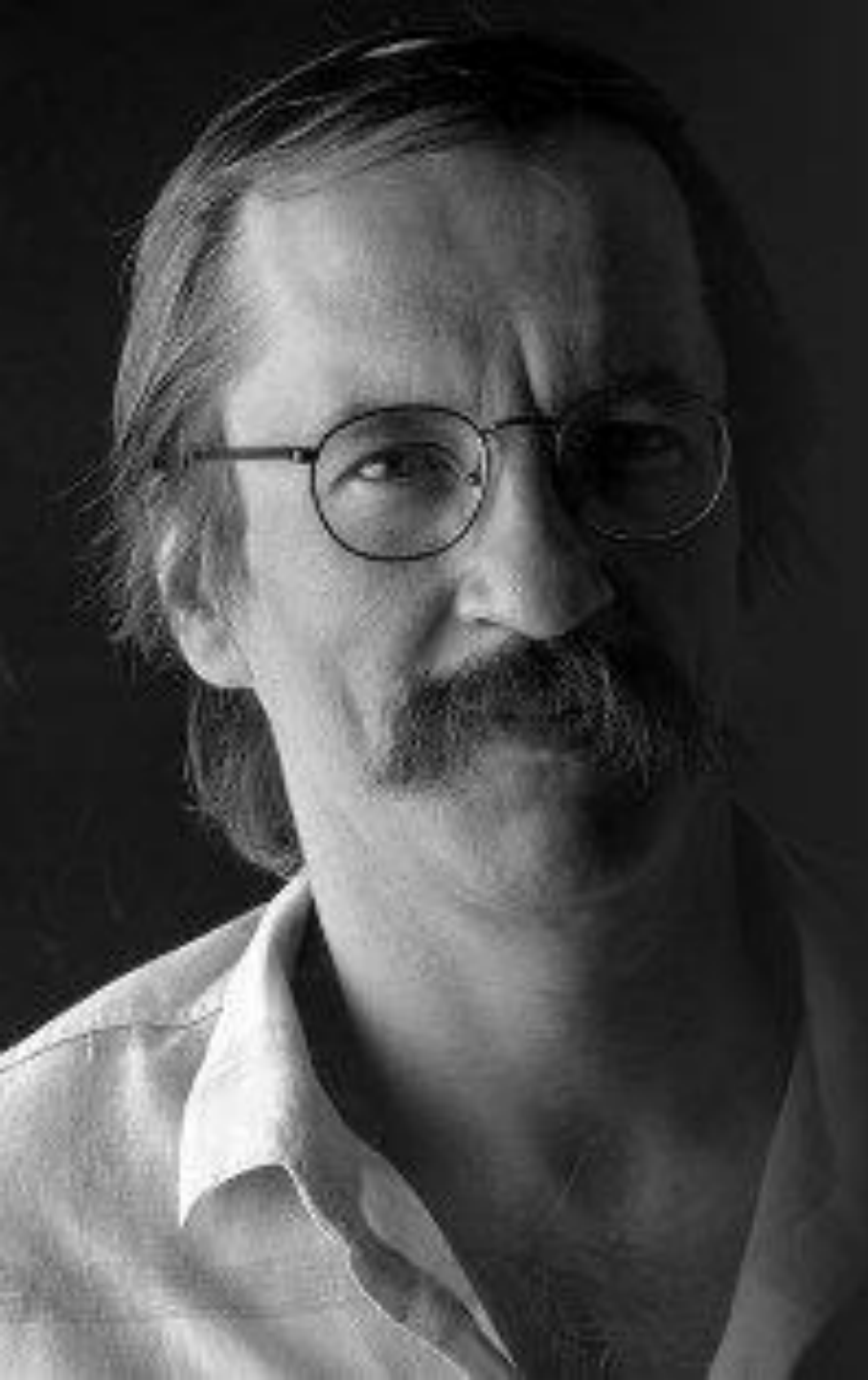
Para testar as hipóteses, os cientistas projetam **experimentos e testes** controlados ou realizam novas observações;

**Formulam-se hipóteses** que expliquem o fenômeno;





**MAS EU QUERO  
SÓ MODELAR!**



*Para cada bicho  
de sete cabeças,  
tem sete sem  
nenhuma.*

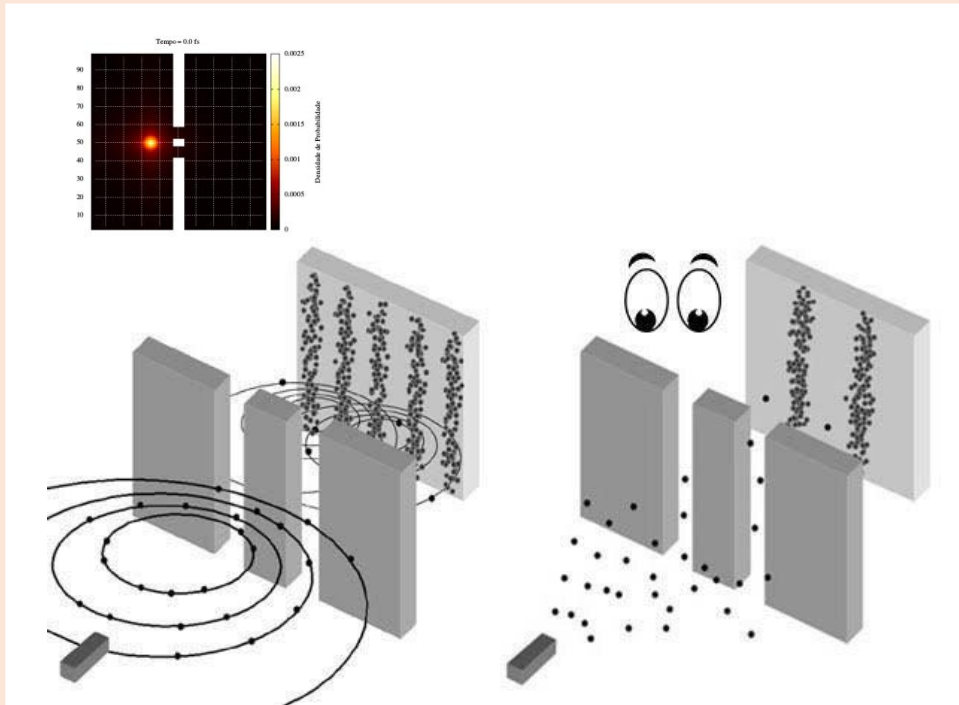
Paulo Leminski

# QUAL É O JEITÃO DO TEU FENÔMENO?

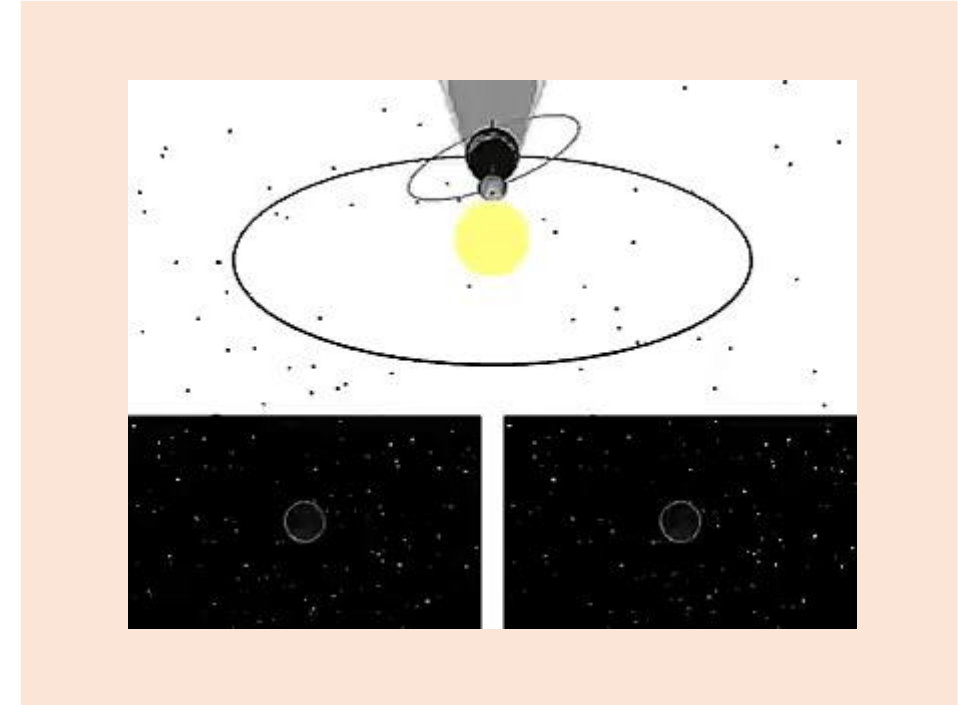


Determinístico ou  
Aleatório?  
Linear ou não?  
Varia com o tempo ou não?  
Uni ou multivariado?  
Simples ou Complexo?

# DETERMINÍSTICO OU ESTOCÁSTICO? ETERNO DILEMA



No mundo quântico o comportamento bizarro das partículas. Que se comportam de maneira distinta, quando são observadas, de quando não são, o que faz com que os resultados sejam probabilísticos, irritante e incomodamente aleatórios. A luz parece se importar de ser observada ou não. Maldita!



É muito difícil (talvez impossível) achar algo no universo que seja realmente aleatório, baseado no fato científico de que conhecidas as condições iniciais, pode-se prever o que ocorreu ou ocorrerá no tempo e no espaço. Considere que nossa incapacidade de mensurar e obter as condições iniciais, não torna o fenômeno estocástico. À priori, tudo é confortavelmente previsível.

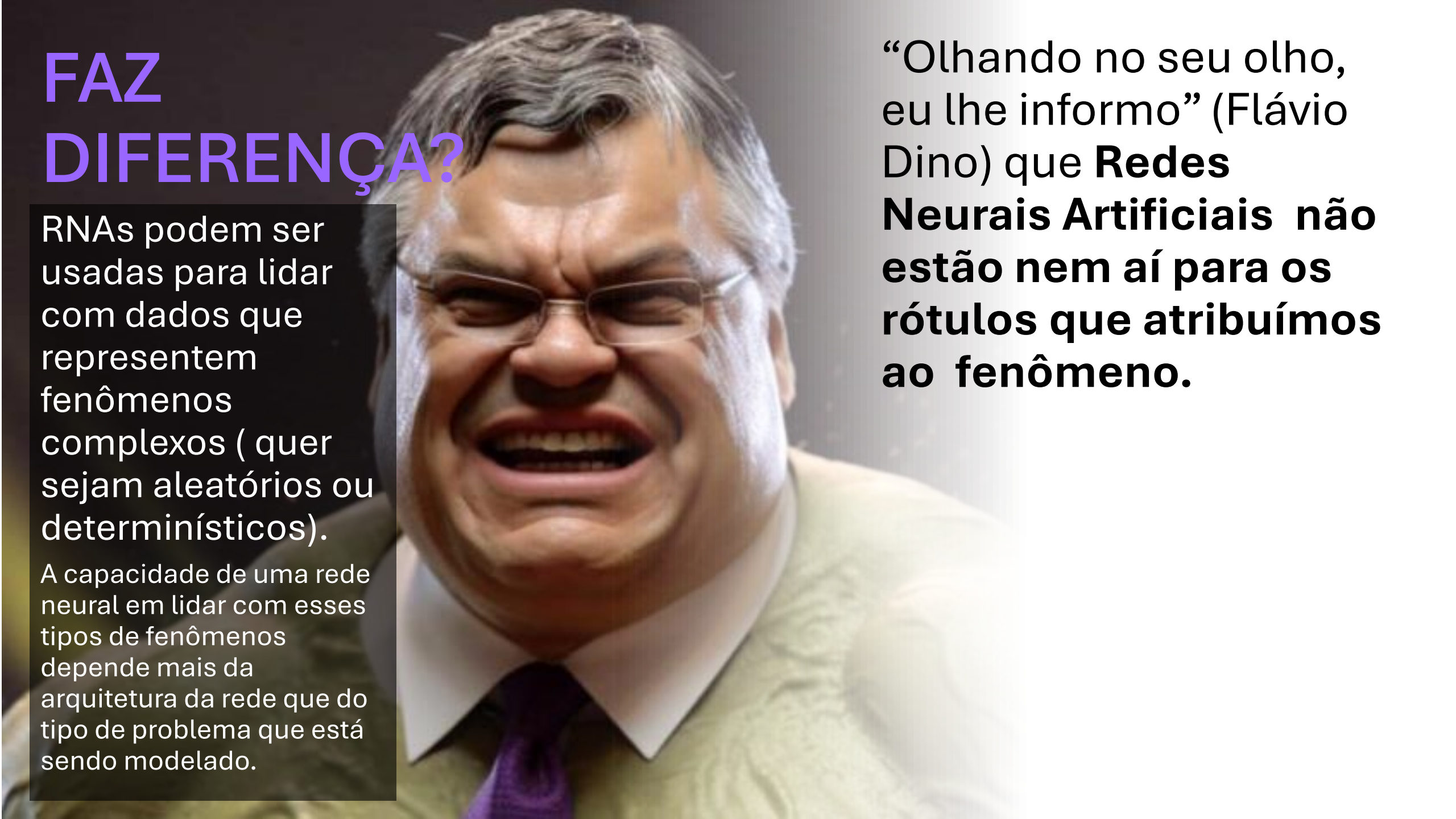


# FAZ DIFERENÇA?

RNAs podem ser usadas para lidar com dados que representem fenômenos complexos ( quer sejam aleatórios ou determinísticos).

A capacidade de uma rede neural em lidar com esses tipos de fenômenos depende mais da arquitetura da rede que do tipo de problema que está sendo modelado.

“Olhando no seu olho, eu lhe informo” (Flávio Dino) que **Redes Neurais Artificiais não estão nem aí para os rótulos que atribuímos ao fenômeno.**



# SISTEMA DINÂMICO

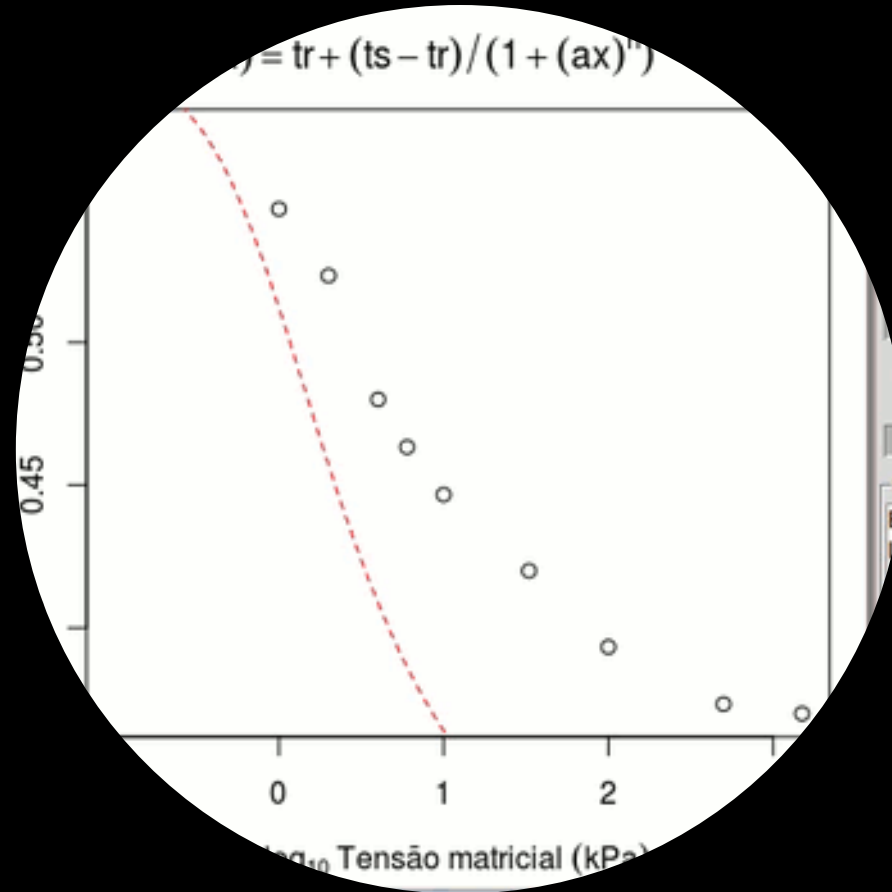
“um sistema no qual uma quantidade ou conjunto de quantidades evolui ao longo do tempo de acordo com uma equação matemática.”

**Edward Lorenz**

# SISTEMA NÃO LINEAR

“É um tipo de sistema dinâmico em que as equações que descrevem o comportamento do sistema não são lineares.

As relações entre as variáveis do sistema não são proporcionais e, portanto, não podem ser descritas por uma equação linear simples.



# ACEITE QUE DÓI MENOS!

comportamento  
não linear;

envolvem muitas  
variáveis  
interdependentes  
que mudam com o  
tempo;

essas variáveis  
podem ser físicas,  
biológicas,  
econômicas ou  
sociais;

as relações entre  
elas podem ser  
complexas e não  
proporcionais.



# A NAVALHA DE OCKHAM

O PRINCÍPIO FILOSÓFICO QUE  
LIBERTOU A CIÊNCIA E AJUDOU  
A EXPLICAR O UNIVERSO

JOHNJOE MCFADDEN

"Este livro descreve com brilhantismo o efeito transformador  
da doutrina de Guilherme de Ockham sobre a nossa  
compreensão da natureza e do universo." - Philip Pullman



## LEI DE PARCIMÔNIA

*"Entia non sunt multiplicanda  
praeter necessitatem" em  
latim, que significa "Entidades  
não devem ser multiplicadas  
além do necessário."*

William de Ockham, filósofo e  
teólogo inglês do **século XIV**



Para todo problema  
complexo existe  
sempre uma solução  
simples, elegante e  
completamente errada.

H. L. Mencken

**O MUNDO É  
MULTIVARIADO E  
COMPLEXO**



# OS SISTEMAS DINÂMICOS EM TRANSPORTES



São sistemas que **mudam com o tempo e são usados para modelar sistemas complexos.**

Segundo a definição de **Edward Lorenz**, um dos pioneiros da teoria do caos, um sistema dinâmico é :

**“um sistema no qual uma quantidade ou conjunto de quantidades evolui ao longo do tempo de acordo com uma equação matemática” .**

**James D. Meiss**, os define como

**“sistemas que mudam com o tempo e são descritos por equações diferenciais”**

# EM PLANEJAMENTO & OPERAÇÃO: FÍSICOS, ECONÔMICOS, SOCIAIS E OBSERVACIONAIS

**MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE** → gênero, nível de renda, etnia, espacialidade, emprego, distância de polos atratores, segurança, qualidade e quantidade da oferta.....)

**ROTEAMENTO** → distância entre os pontos de origem e destino, o tempo de viagem, as condições das vias e as preferências do usuário...)

**DISPERSÃO E CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS ADVINDOS DO SISTEMA DE TRANSPORTES** → topografia natural e edificada, direção e intensidade de ventos, cobertura vegetal, temperatura.....



# EM INFRAESTRUTURA: BIOFÍSICOS E EXPERIMENTAIS

**CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS** → usa ensaios para determinação de propriedades físico, químicas e geotécnicas que permitam determinar sua capacidade mecânica, plasticidade, coesão e vida útil entre outras

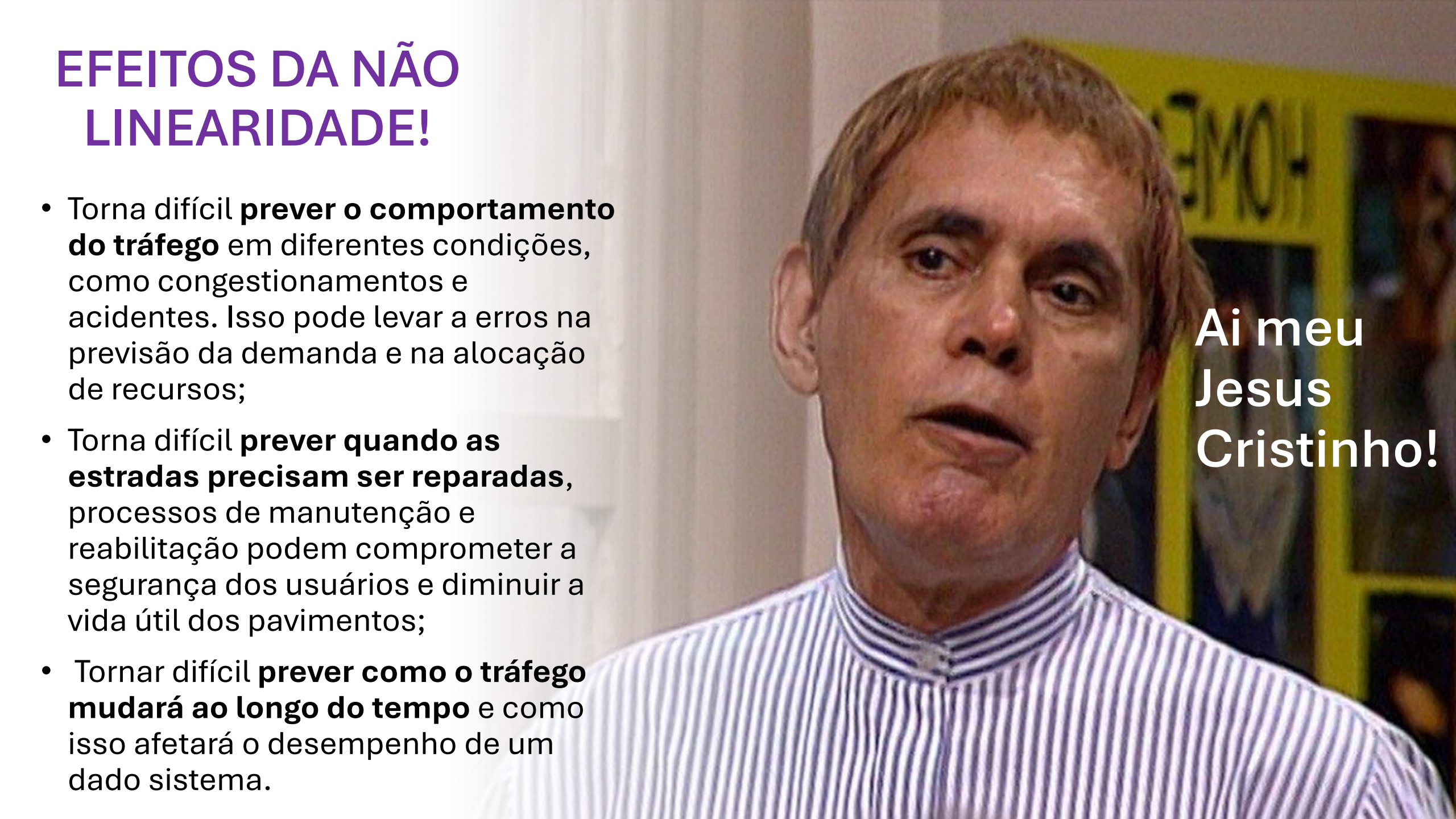
**GERÊNCIA DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS** → usa parâmetros de aderência como coeficiente de atrito e macrotextura, variáveis climatológicas como direção e intensidade de ventos, indicadores pluviométricos, temperatura, sensação de conforto entre outros

**MECÂNICA DOS PAVIMENTOS** → desenvolve e usa ensaios que permitam determinar as propriedades mecânicas de materiais com fins de pavimentação a partir de variáveis como clima, carga dinâmica do tráfego, os materiais e a geometria dos camadas dos pavimentos entre outras



# EFEITOS DA NÃO LINEARIDADE!

- Torna difícil **prever o comportamento do tráfego** em diferentes condições, como congestionamentos e acidentes. Isso pode levar a erros na previsão da demanda e na alocação de recursos;
- Torna difícil **prever quando as estradas precisam ser reparadas**, processos de manutenção e reabilitação podem comprometer a segurança dos usuários e diminuir a vida útil dos pavimentos;
- Tornar difícil **prever como o tráfego mudará ao longo do tempo** e como isso afetará o desempenho de um dado sistema.



Ai meu  
Jesus  
Cristinho!

# HUMMM! SÃO TANTOS MÉTODOS..

## O PENSAMENTO SISTÊMICO

é uma abordagem para entender e resolver problemas complexos que envolve a análise de sistemas como um todo, em vez de analisar suas partes individuais

## A MODELAGEM MATEMÁTICA

é uma técnica usada para descrever sistemas complexos usando equações matemáticas.

## A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

é uma técnica usada para simular sistemas complexos usando computadores e programação;

## A ANÁLISE DE DADOS

é uma técnica usada para analisar grandes conjuntos de dados e identificar padrões e tendências e envolve principalmente a estatística convencional, bayesiana, espacial..

## AS REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

são uma subárea da computação natural/Inteligência Artificial, que se concentra no desenvolvimento de algoritmos de aprendizado de máquina que imitam o funcionamento do cérebro humano.



# ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DAS REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

## CAPACIDADE DE APRENDIZADO

identificar padrões complexos e relações não lineares nos dados

## ADAPTAÇÃO À COMPLEXIDADE

são altamente flexíveis e podem se adaptar à complexidade dos dados

## REPRESENTAÇÕES HIERÁRQUICAS

têm camadas intermediárias que podem criar representações hierárquicas dos dados. Isso é especialmente útil para extrair características abstratas de entrada

## ESCALABILIDADE

podem ser escaladas para lidar com grandes volumes de dados e problemas complexos.

## GENERALIZAÇÃO

são capazes de generalizar o conhecimento aprendido a partir de um conjunto de dados para fazer previsões ou classificações em dados não vistos.

## APLICAÇÃO MULTIDISCIPLINAR

Redes neurais são versáteis e não estão restritas a uma única disciplina, área ou fenômeno

## APRENDIZADO PROFUNDO

As redes neurais profundas, em particular, com várias camadas ocultas, têm a capacidade de aprender representações complexas de dados, o que as torna especialmente poderosas em tarefas de alta complexidade.



# MILAGROSA NÃO!



## REQUEREM GRANDE QUANTIDADE DE DADOS

especialmente redes neurais profundas, geralmente exigem grandes conjuntos de dados de treinamento para alcançar um desempenho robusto.

## PODE SER SENSÍVEL A HIPERPARÂMETROS

A configuração adequada dos hiperparâmetros, como a taxa de aprendizado e o número de camadas e neurônios, pode ser desafiadora.

## TREINAMENTO DEMORADO

Treinar redes neurais profundas em grandes conjuntos de dados pode ser demorado e requer recursos computacionais significativos, incluindo GPUs ou TPUs.

## INTERPRETABILIDADE LIMITADA

As decisões tomadas por redes neurais podem ser difíceis de interpretar, especialmente em modelos profundamente conectados.

## SUSCETIBILIDADE A DADOS RUIDOSOS

Podem ser sensíveis a dados ruidosos ou outliers, o que pode levar a previsões imprecisas.

## COMPLEXIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO

A construção e a manutenção de redes neurais podem ser complexas, exigindo conhecimento avançado em programação, matemática e ajuste fino.

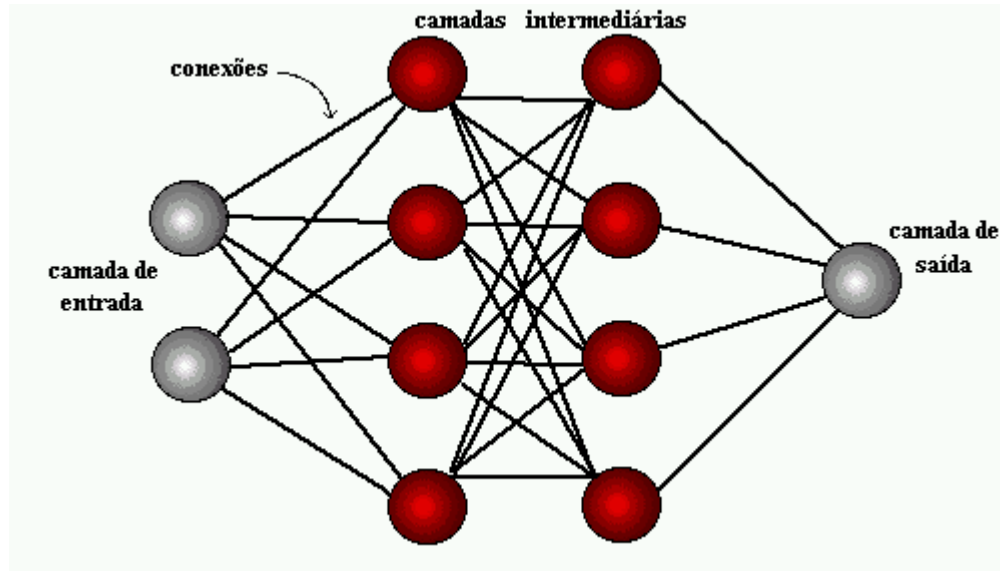
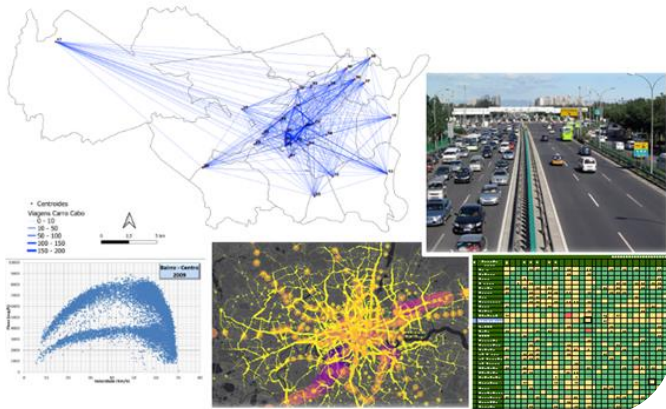
## RISCO DE OVERFITTING

Têm uma alta capacidade de aprendizado, o que as torna suscetíveis ao overfitting em conjuntos de dados pequenos ou ruidosos. Técnicas como regularização são frequentemente necessárias para mitigar esse problema.

## DEPENDÊNCIA DE DADOS DE TREINAMENTO REPRESENTATIVOS

Dependem da representatividade dos dados de treinamento. Se os dados não representarem adequadamente a diversidade do problema real, o modelo pode falhar em cenários inesperados.

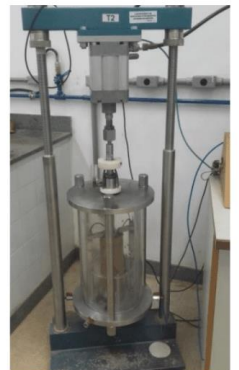
# ALGUMA IDEIA?



**CBR**



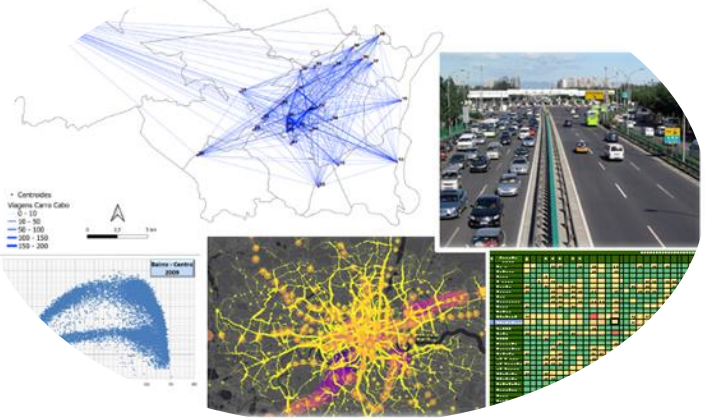
**MR**



# REDES NEURAIS EM TRANSPORTES



prever onde os acidentes são mais prováveis;

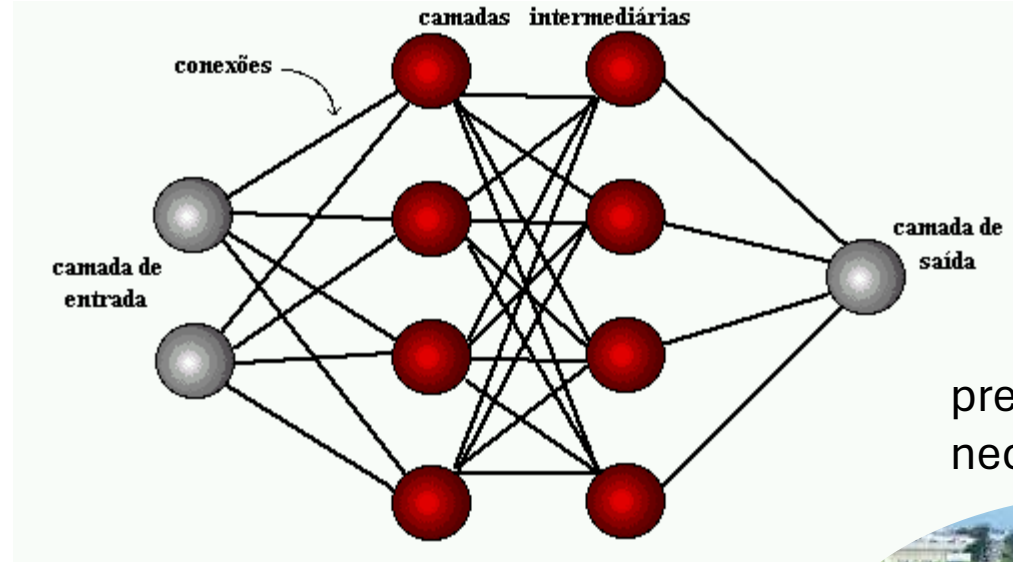


Estimar demanda do usuário

Qual é a sua ideia?



prever a capacidade de carga, ocorrência e aplicação em projetos de pavimentos



prever quando e onde a manutenção é necessária;



prever como o tráfego mudará ao longo do tempo;

# PONTOS CHAVE



SISTEMAS DINÂMICOS



FENÔMENOS NÃO LINEARES E  
COMPLEXOS (MULTIVARIADOS)



MÉTODOS DE ANÁLISE



RNA EM ENGENHARIA DE  
TRANSPORTES



## COM A PULGAS ATRÁS DA ORELHA?

---

- PERGUNTAS?
- EXPERIÊNCIAS?



# ATIVIDADE 1:



Baseado no fenômeno que você pretende investigar em sua dissertação, tese ou profissionalmente. Faça uma breve, mas direcionada revisão que te permita conhecer melhor as características do fenômeno investigado:

- Linearidade ou não?;
- univariado ou multivariado? (variáveis independentes usadas),
- é um fenômeno que varia com o tempo (dinâmico)?

NATURAL  
COMPUTING,  
ARTIFICIAL  
INTELLIGENCE,  
NEURAL  
NETWORKS,  
MACHINE  
LEARNING e DEPP  
LEARNING



**A SEGUIR CENAS  
DO PRÓXIMO CAPÍTULO**