

# Joinville Machine Learning

Comunidade de empreendedores, engenheiros, cientistas e entusiastas de  
Aprendizado de Máquinas de Joinville, SC

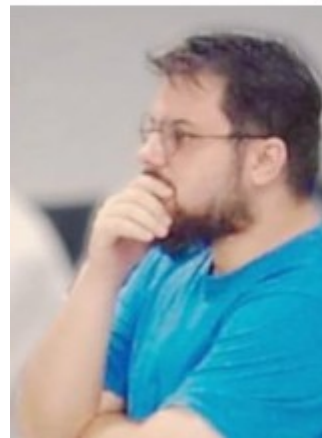
## **Inteligência de Máquina Fundamentada em Biologia Cerebral**

**Daniel Hardt Lima**

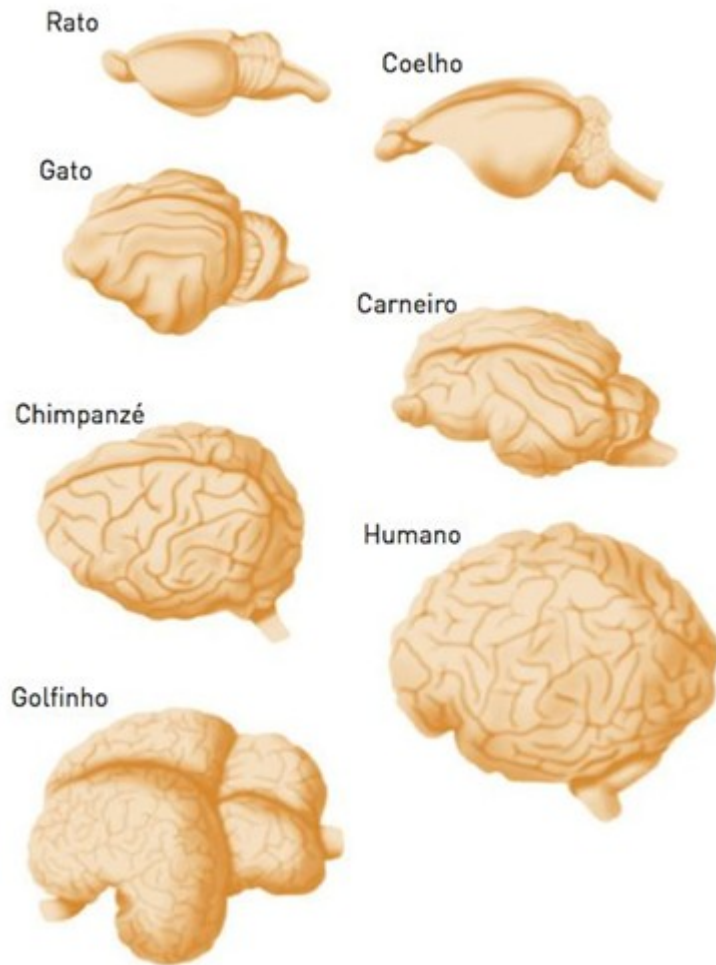


# Um pouco sobre mim...

- Formado em sistemas de informação pela UDESC
- Trabalhando atualmente como desenvolvedor
- Autodidata nos estudos de neurociências e ML



# Por que temos um cérebro?



- Por que ele evoluiu em nós e em outros animais?
- Para perceber e processar informações sobre o mundo?

# Por que temos um cérebro?

**Alerta: TEORIA ESPECULATIVA**



**Daniel Wolpert - TEDGlobal 2011**

Neurocientista e Engenheiro da  
Universidade de Cambridge

“Nós temos um cérebro por uma razão e apenas uma, que é **produzir movimentos complexos e adaptáveis**. Não há qualquer outra razão para ter um cérebro.”



Tunicado - animal marinho



# Por que temos um cérebro?

**Alerta: TEORIA ESPECULATIVA**

Argumento de Wolpert

**Sem necessidade de movimento = Sem necessidade de cérebro**



**Robô Rollin' Justin prepara chá - CeBIT, Hannover**

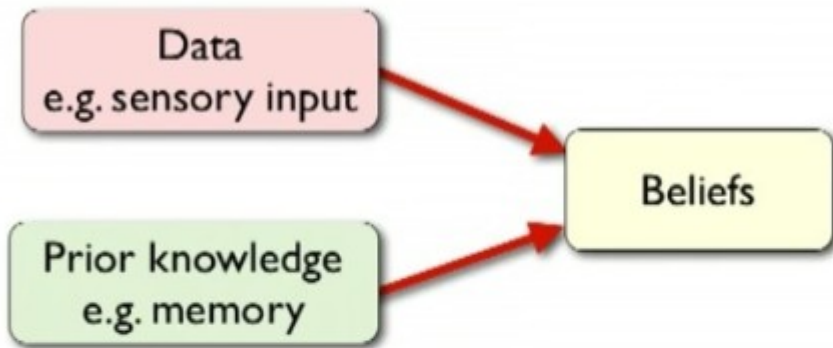
## **Problemas:**

- Destreza
- Não há generalização
- "Se você quer que esse robô faça uma tarefa diferente, é necessário outro projeto ou programa"

# Por que temos um cérebro?

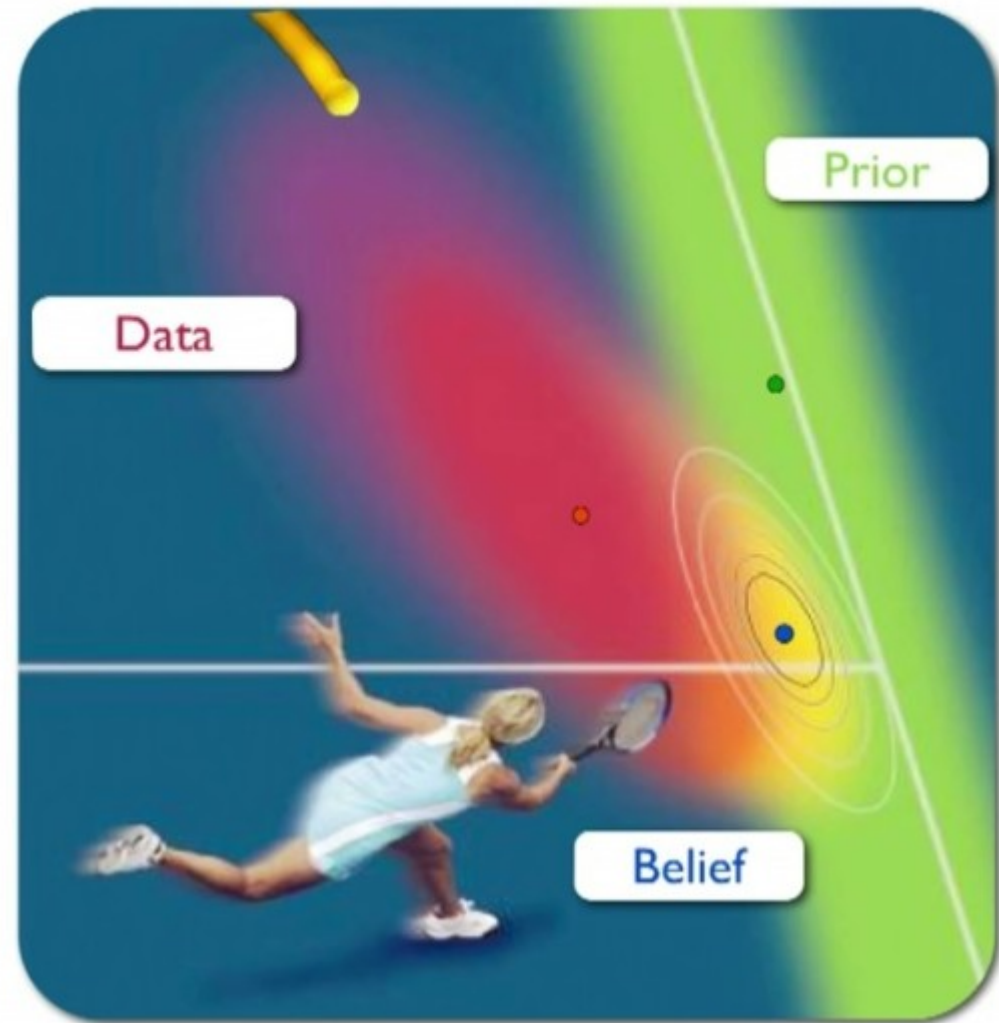
**Alerta: TEORIA ESPECULATIVA**

## Bayesian Inference



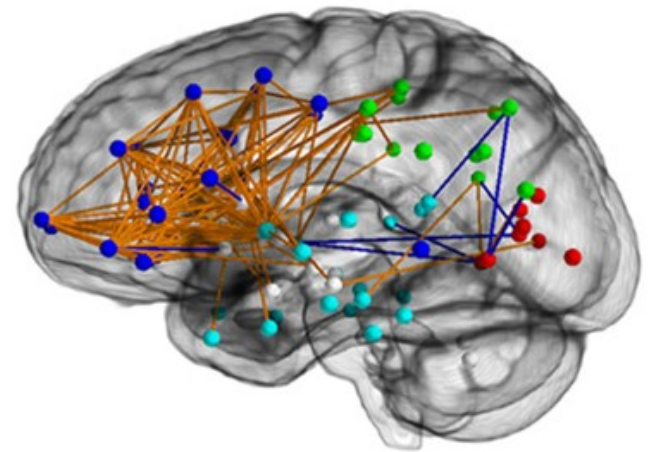
$$P(\text{belief} \mid \text{sensory input}) = \frac{P(\text{sensory input} \mid \text{belief}) P(\text{belief})}{P(\text{sensory input})}$$

$$P(\text{crença} \mid \text{entrada sensorial}) = \frac{P(\text{entrada sensorial} \mid \text{crença}) P(\text{crença})}{P(\text{entrada sensorial})}$$



# Frameworks - Brain

- **Nengo (modelo Spaun)**
- **Brain Connectivity Toolbox**
- **Human Brain Project**
- **Outros...**





# Nengo (modelo Spaun)

## FOLHA DE S.PAULO ciência

**Cérebro virtual simula  
comportamento e realiza tarefas  
cognitivas**

04/12/2012 © 04h33



**Chris Eliasmith** - líder da pesquisa,  
diretor do Centro de Neurociência  
Teórica da Universidade de Waterloo

O modelo computacional possui  
**2,5 milhões de neurônios simulados**  
e um braço virtual que realiza tarefas como:

- copiar uma palavra escrita à mão no mesmo estilo
- realizar a soma de dois números
- dada uma lista de números, conseguir indicar a posição de um determinado número
- compreender padrões lógicos, como completar séries da forma:

1 2 3; 5 6 7; 3 4 ?



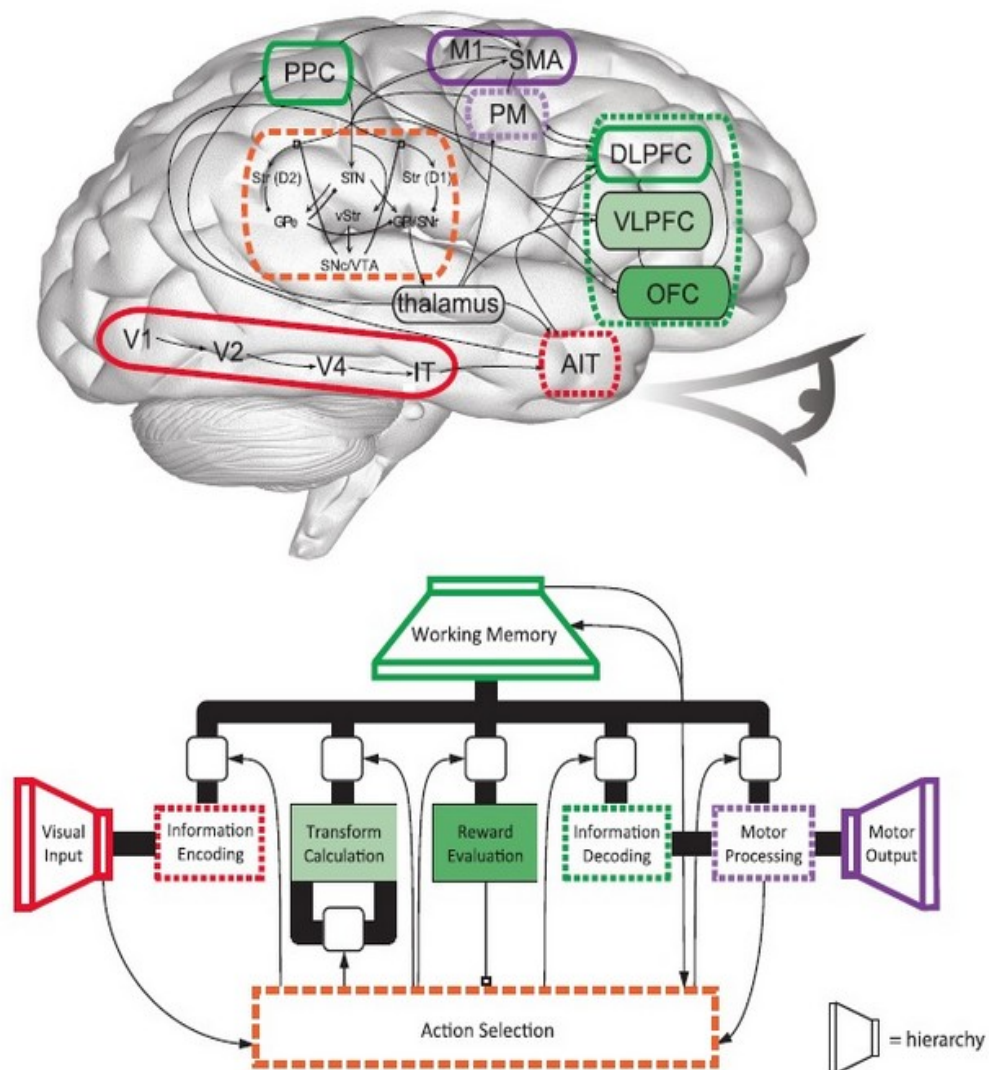
**Artigo original disponível no site da Science:**  
**A Large-Scale Model of the Functioning Brain**

Chris Eliasmith\*, Terrence C. Stewart, Xuan Choo, Trevor Bekolay, Travis DeWolf, Yichuan Tang, Daniel Rasmussen

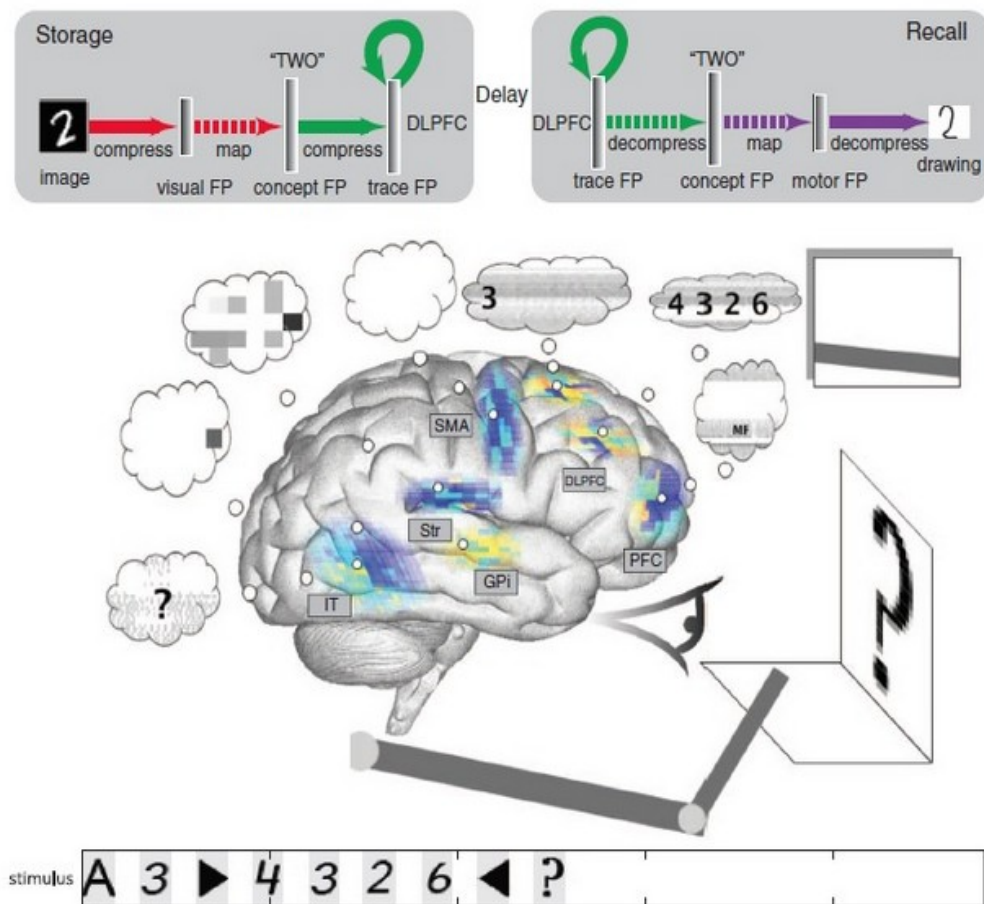


# Nengo (modelo Spaun)

## Estrutura

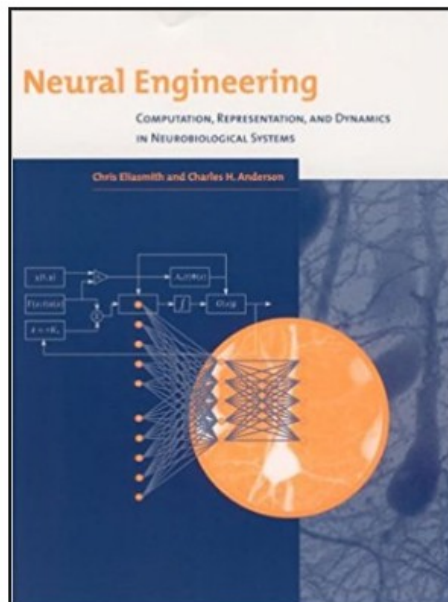
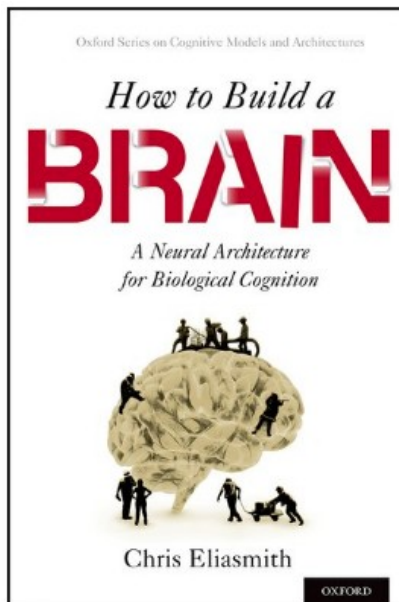


## Funcionamento

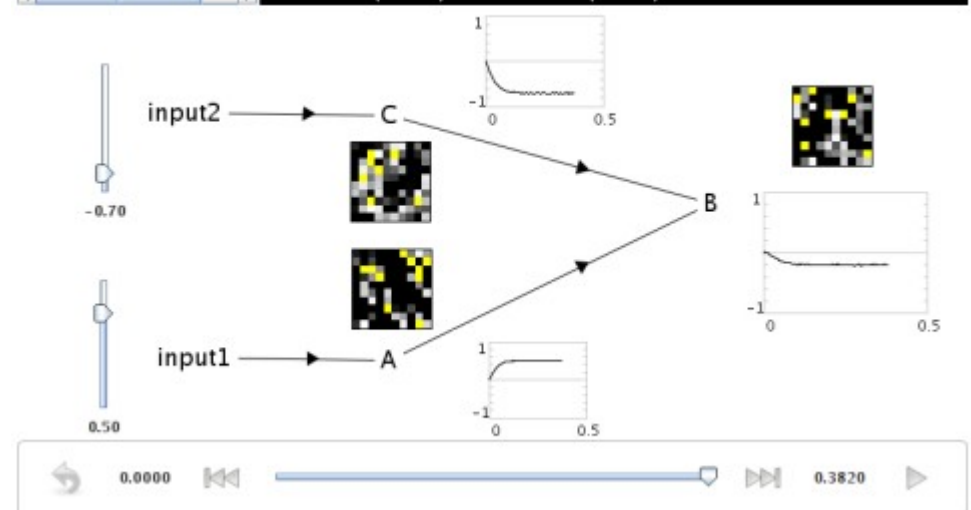
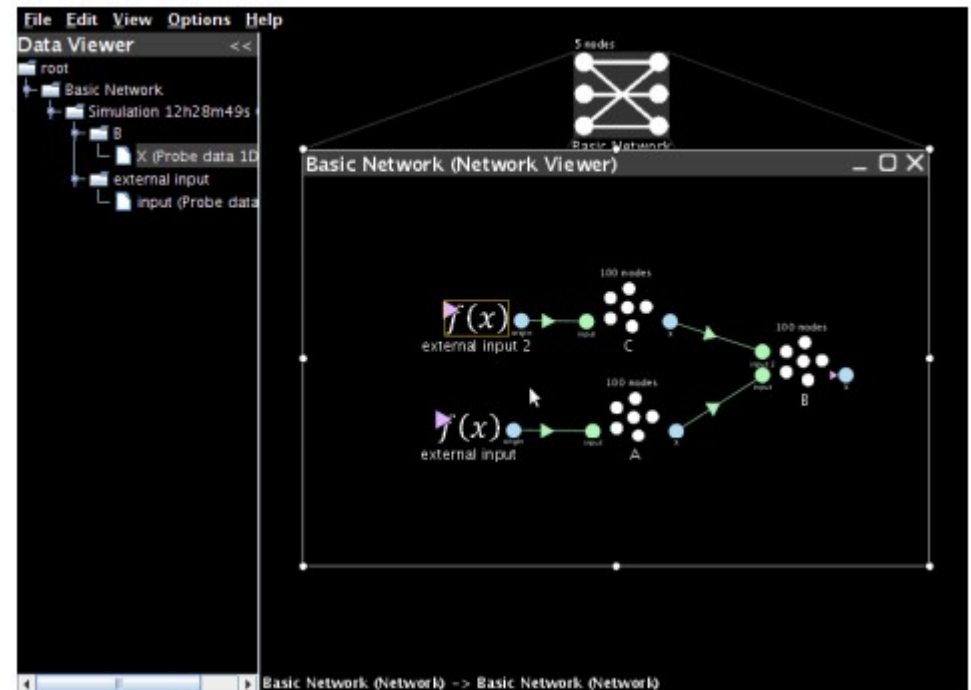


# Nengo (modelo Spaun)

- Site do projeto  
<http://nengo.ca/>
- É open source  
<https://github.com/nengo>
- Linguagens Python e Java (GUI)
- Livros:



## Interface do framework



# Brain Connectivity Toolbox

- "Cérebro em miniatura" – Simulação com foco nas conexões
- Experimentos para rastrear as conexões em rede
- 1600 neurônios distribuídos sobre uma superfície esférica
- Um neurônio se ativa espontaneamente e cria uma onda elétrica que desaparece rápido.

## Resultados

- Cada neurônio conectado apenas a seus vizinhos imediatos:
  - Eram produzidos pequenos lampejos aleatórios de atividade.
- Cada neurônio ligado aos demais:
  - O cérebro inteiro foi ativado e desativado em pulsos regulares.
- Rede intermediária: conexões locais e de longa distância
  - Emerge um comportamento complexo.



**Dr. Olaf Sporns**  
Universidade de Indiana  
Neurociência computacional

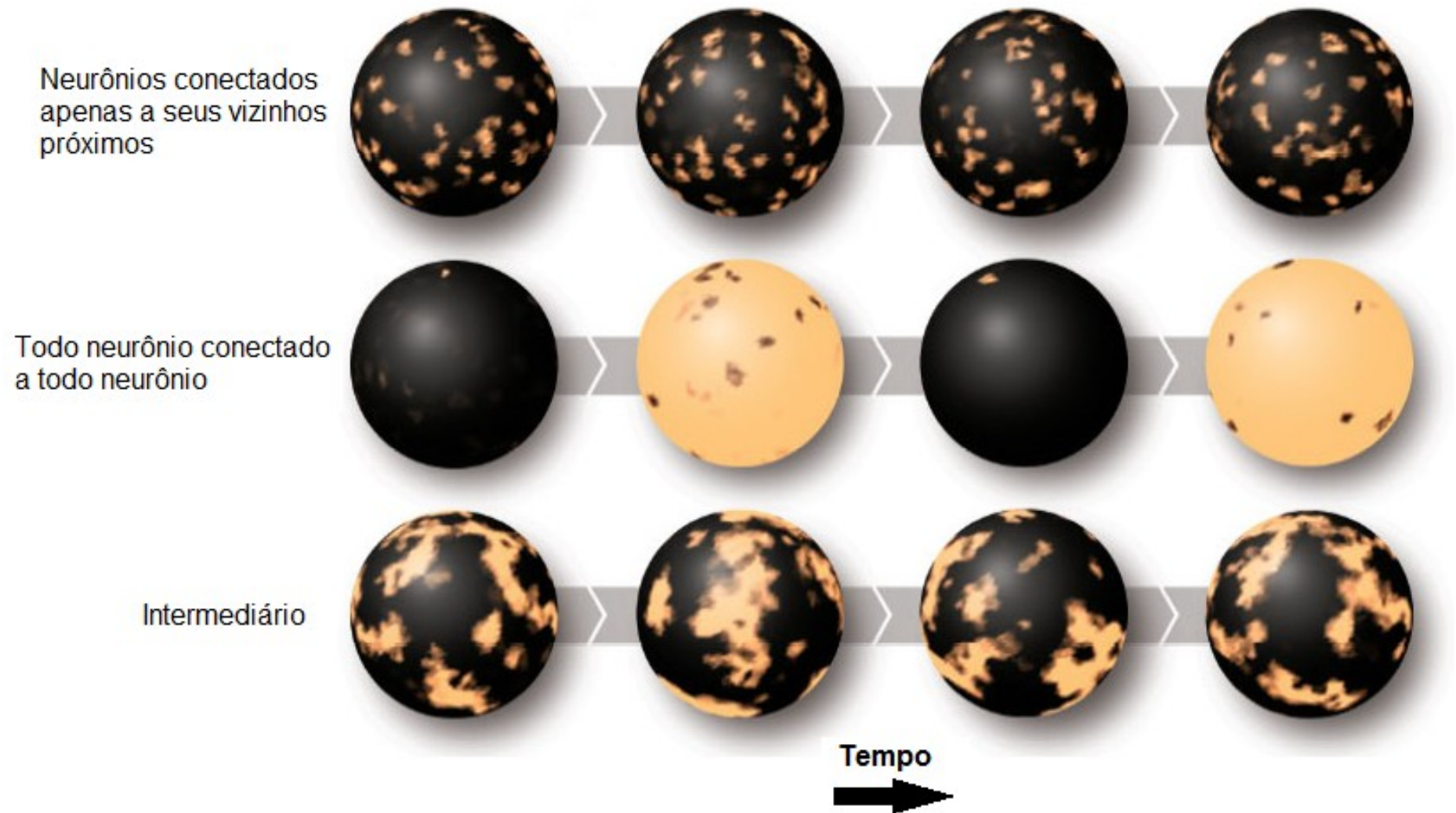
## Comportamento Complexo

Quando os neurônios começaram a se ativar, surgiram grandes padrões brilhantes de atividade que se propagavam pelo cérebro.

Alguns deles colidiam entre si e outros se propagavam pelo cérebro em círculos.



# Brain Connectivity Toolbox



**Análise de padrões de pulsos emitidos por neurônios numa cultura de células (placa de Petri) com grande semelhança a rede de Sporns**

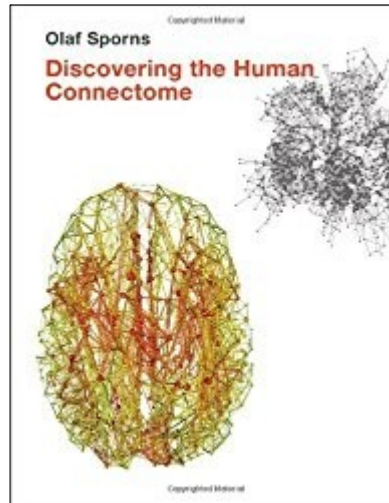
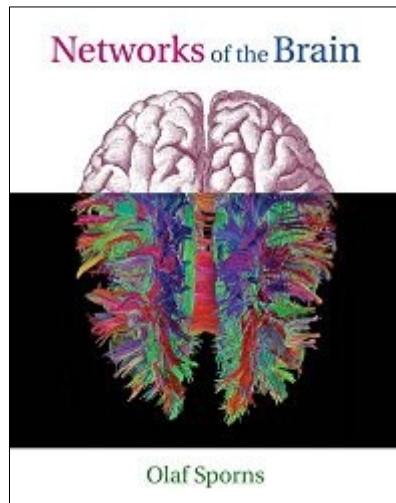


# Brain Connectivity Toolbox

De maneira geral, todos os neurônios se comportam da mesma forma (tanto na rede biológica testada quanto na rede artificial simulada)

**A própria arquitetura da rede molda seu padrão de atividade.**

- Site do projeto  
<https://sites.google.com/site/bctnet/>
- É possível baixar o código em MATLAB
- Existem versões (pacotes) em python e C++ também disponíveis
- Livros:



# Human Brain Project



**Henry Markram**

Diretor

Laboratório de microcircuitos neurais (EPFL)

Blue Brain Project

Human Brain Project



Human Brain Project

- 2013 - A União Europeia decide financiar o projeto de mais de 1 bilhão de euros
- Estimava-se durar 10 anos (como o Projeto Genoma Humano)
- Lausanne, Suíça
- Mais de 130 universidades envolvidas na época

Artigo de Markram



**“Uma contagem regressiva para uma simulação digital de cada último neurônio no cérebro humano”**

SCIENTIFIC  
AMERICAN.

JUNE 2012

## **A Countdown to a Digital Simulation of Every Last Neuron in the Human Brain**

Building a vast digital simulation of the brain could transform neuroscience and medicine and reveal new ways of making more powerful computers

By Henry Markram



Reductionist biology—examining individual brain parts, neural circuits and molecules—

# Human Brain Project

## Palavras de Markram no artigo:

- Juntar as partes para elaborar uma simulação completa do cérebro humano é o objetivo de uma empresa que pretende construir um novo instrumento científico fantástico.
- Enormes quantidades de informações relacionadas ao cérebro, do mundo todo, devem ser reunidas de forma coerente e, depois, separadas por padrões ou normas que descrevam como o cérebro é organizado.
- Precisamos captar os processos biológicos que essas normas descrevem em conjuntos de equações matemáticas para desenvolver o software que nos permitirá solucionar as equações em supercomputadores.
- Necessitamos ainda criar um software que construirá um cérebro que esteja de acordo com a biologia inerente.

**PROBLEMA** →

# Human Brain Project

**Possuir muitos dados não têm valor sem uma teoria. E uma teoria sem muitos dados tende a estar errada.**

**“Muitos neurocientistas tradicionais que criticaram o projeto dizem que a reengenharia do cérebro no nível de detalhe imaginado por Markram não dizia nada sobre cognição, memória ou emoção.”**

SCIENTIFIC  
AMERICAN

NEUROSCIENCE

## **Why the Human Brain Project Went Wrong—and How to Fix It**

Two years in, a \$1-billion-plus effort to simulate the human brain is in disarray. Was it poor management, or is something fundamentally wrong with Big Science?

By Stefan Theil on October 1, 2015

**“Assim como copiar o hardware em um computador, átomo a átomo, nos dizia pouco sobre o complexo software rodando nele!”**

**- Outros problemas: uma única visão científica, problemas com questões políticas e burocráticos, etc**

**Porque o projeto do cérebro humano deu errado - e como corrigi-lo**

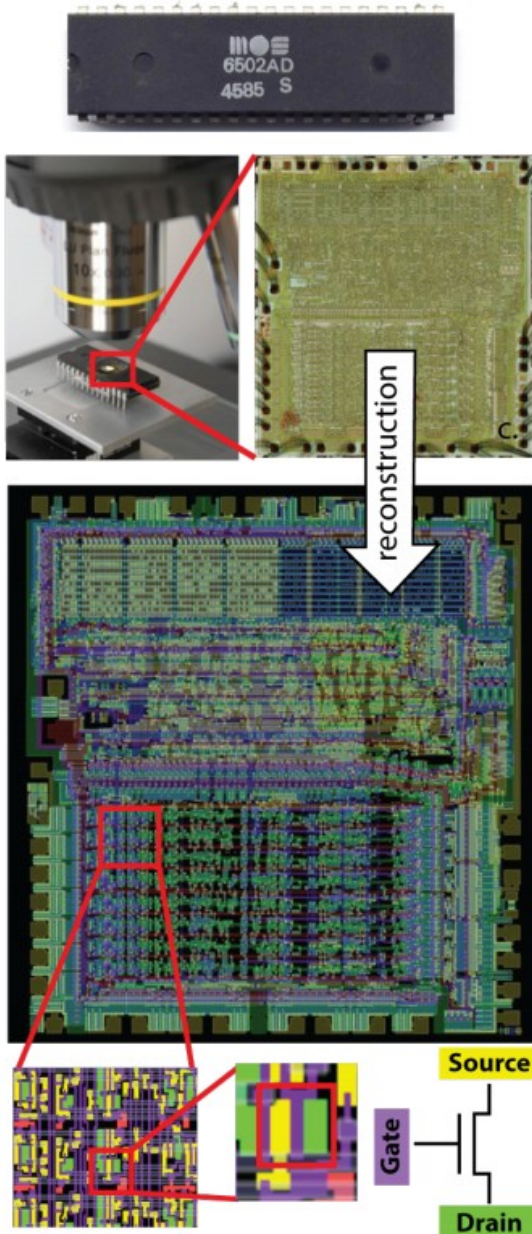


## **Artigo**

<https://www.scientificamerican.com/article/why-the-human-brain-project-went-wrong-and-how-to-fix-it/>



# Poderia um neurocientista entender um microprocessador?



- Reconstrução óptica do processador para obter sua ***“connectome” (um mapa de conexões neurais)***.
- O molde de silício foi examinado sob um microscópio de luz visível para construir um mosaico de imagem da superfície do chip.
- Foram utilizados algoritmos de visão computacional para identificar regiões de metal e silício para detectar transistores.
- E em última instância, produzir uma lista completa dos componentes do processador.

## Could a neuroscientist understand a microprocessor?

ERIC JONAS

University of California, Berkeley  
jonas@eecs.berkeley.edu

KONRAD KORDING

Northwestern University  
koerding@gmail.com

May 26, 2016

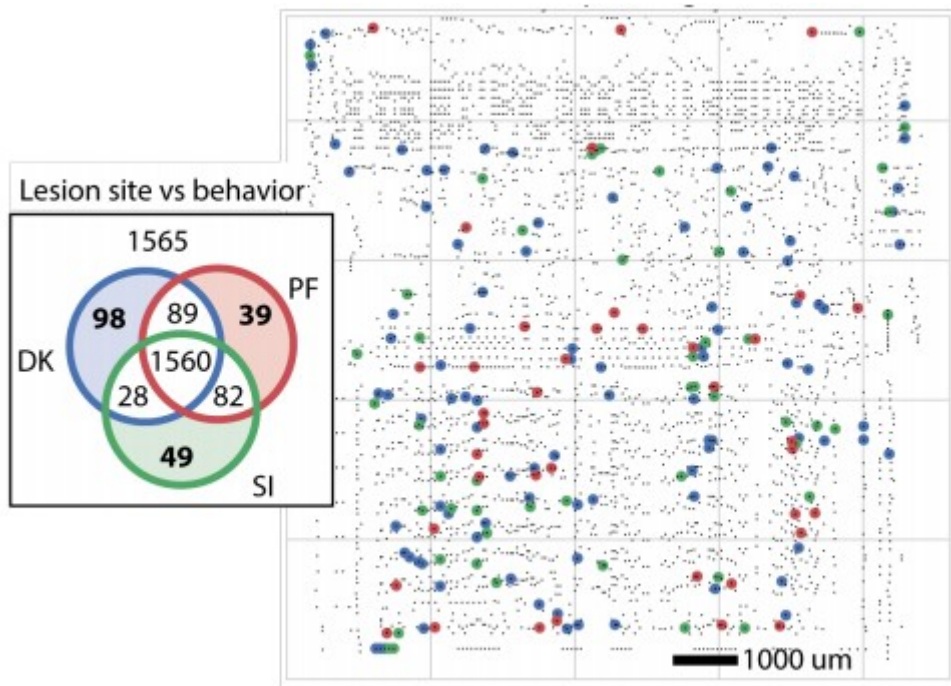
### Abstract

*There is a popular belief in neuroscience that we are primarily data limited, that producing large, multimodal, and complex datasets will, enabled by data analysis algorithms, lead to fundamental insights into the way the brain processes information.*

Artigo: <http://biorxiv.org/content/early/2016/05/26/055624>

# Poderia um neurocientista entender um microprocessador?

- Se as atuais técnicas da neurociência são suficientes para entender algo tão complexo quanto o cérebro, certamente eles serão capazes de lidar com um pequeno microprocessador, certo?

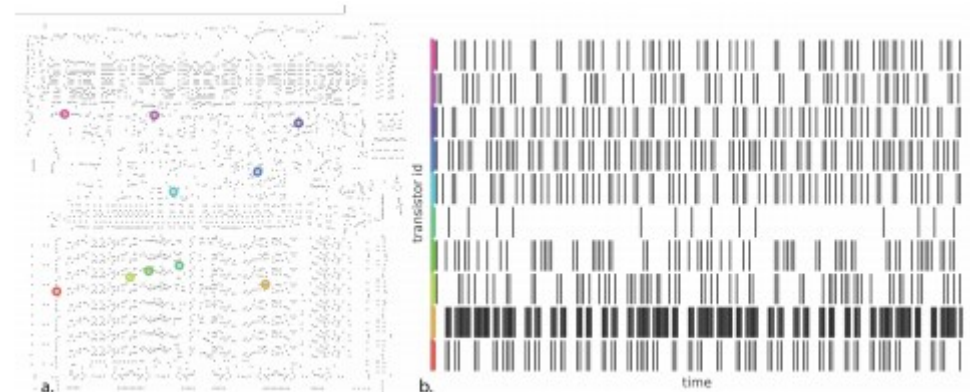


Lesionando cada transistor para identificar função. Comportamento análogo a alelos letais ou áreas lesionadas do cérebro.

## Metodologia

### Técnicas tradicionais da neurociência:

- Lesão
- Exame de estatísticas de padrões de bits
- Análise de propriedades de ajuste de transistores
- Correlação
- Etc



Traçando os picos para entender suas estatísticas.

# Poderia um neurocientista entender um microprocessador?

- Conseguiram fazer várias descobertas.
- Os resultados de análises e gráficos eram muito semelhantes aos de artigos de neurocientistas.
- Mas as técnicas não revelaram a verdadeira natureza computacional do microprocessador nem a sua estrutura funcional.

Seus esforços não explicaram o funcionamento do microprocessador.

**Conclusão dos próprios autores do artigo:**

**Poderia um neurocientista entender o cérebro (com as técnicas mais avançadas atualmente)?**

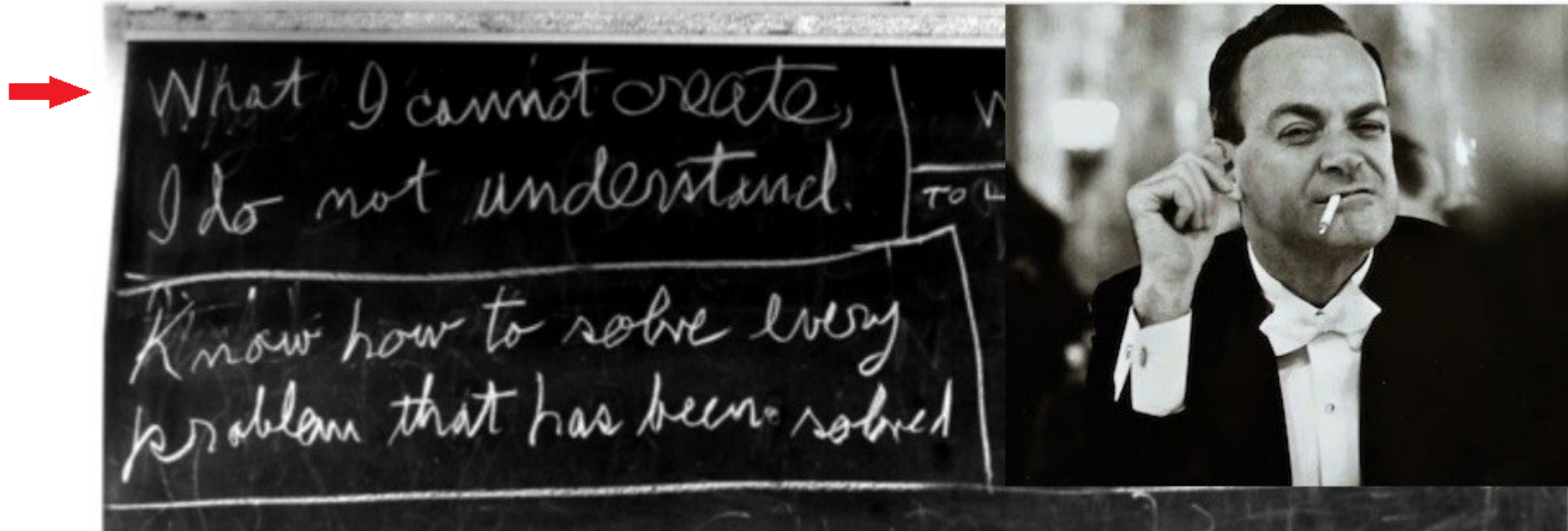


**NÃO**



# Uma outra abordagem

Quadro-negro de Feynman no momento de sua morte.



Físico Richard Feynman (sempre zoeiro) no jantar de seu Prêmio Nobel

→ **What I cannot create, I do not understand.**  
*O que eu não posso construir, eu não entendo.*

Talvez a única maneira de compreender a inteligência seja, de alguma forma, **construindo-a\***.

\* SEM VOLTAR AO PROBLEMA DO Human Brain Project



# Uma outra abordagem

- Usar as descobertas e os detalhes da neurociência para **deduzir** os componentes fundamentais da inteligência.
- Sabe-se que o neocórtex aprende um modelo preditivo do mundo.
- Sabe-se que o neocórtex aprende continuamente sem supervisão.
- As teorias são limitadas, mas consistentes com muitos detalhes de neurociências.
- As simulações de software então irão capturar apenas as **propriedades funcionais\*** do cérebro e não todos os detalhes.

\*por exemplo, não simular todos os componentes de um neurônio biológico, apenas uma “síntese do que ele faz”

Como decidir quais os detalhes da neurociência devem ser incluídos nas simulações e qual deixar de lado?

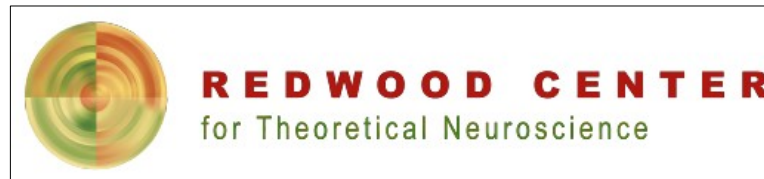
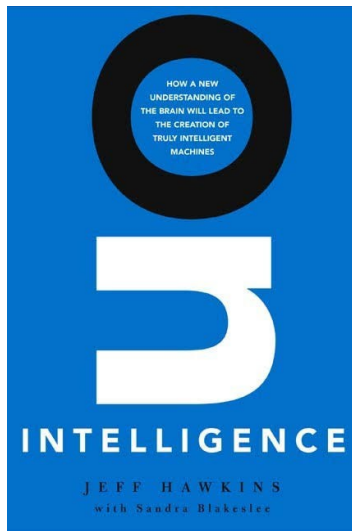
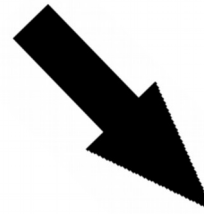
**R: Incluir detalhes da neurociência quando eles são essenciais para a função.**



# Nem Deep Learning, nem IA clássica ...




Jeff Hawkins



# Numenta

## Metas


- 1 – Descobrir os princípios do neocortex
- 2 – Criar tecnologia para *Machine Intelligence* baseada nos princípios neocorticais



# Numenta

About	Developing a neocortical theory for biological and machine intelligence
Established	Feb 4, 2005 · Redwood City, CA
Employees	15 – 20

Link: <http://numenta.com/>




## Numenta.org

### Home of the HTM Community

Welcome to **Numenta.org**, home of Numenta's HTM community and open source projects.

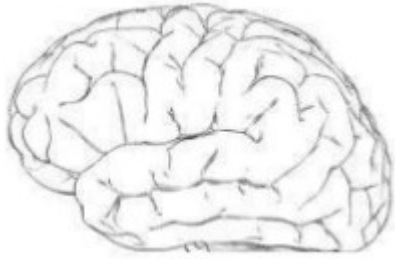
Link: <http://numenta.org/>

↓



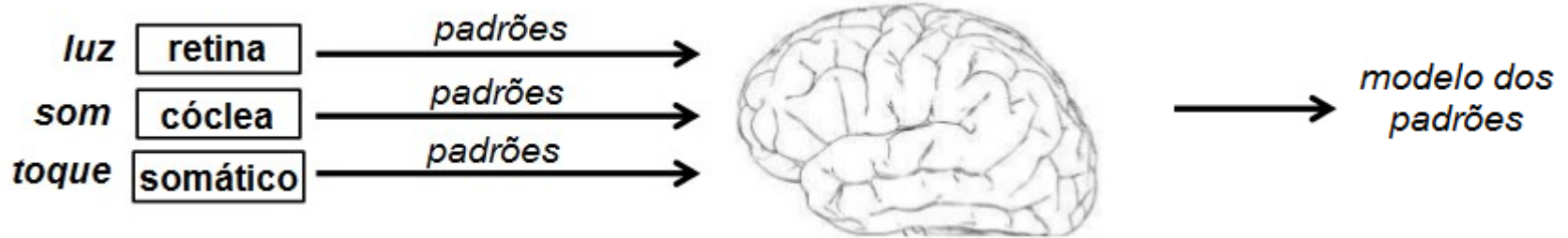


# Por que *Machine Intelligence* baseada nos princípios corticais?



- 1 – O córtex usa um “algoritmo” padrão de aprendizagem**
  - visão
  - audição
  - comportamento
- 2 – Algoritmos corticais são extremamente adaptáveis**
  - linguagem
  - engenharia
  - ciência
  - arte
- 3 – Efeitos de rede**
  - Soluções em hardware e software tem se esforçado em focar soluções mais universais possíveis

# O que o córtex faz?

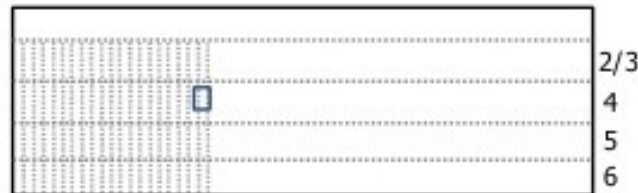
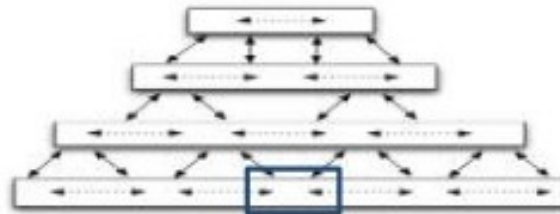
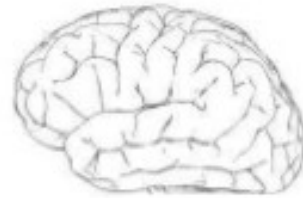


O neocórtex aprende um modelo sensorial-motor do mundo

O modelo gera:

- previsões
- anomalias
- ações

# Fatos



**"Folha de células"**

**Notavelmente uniforme!**

- Anatomicamente
- Funcionalmente

**Hierarquia**

**Camada de células**

**Mini-colunas**

**Neurônios - 1000 sinapses**

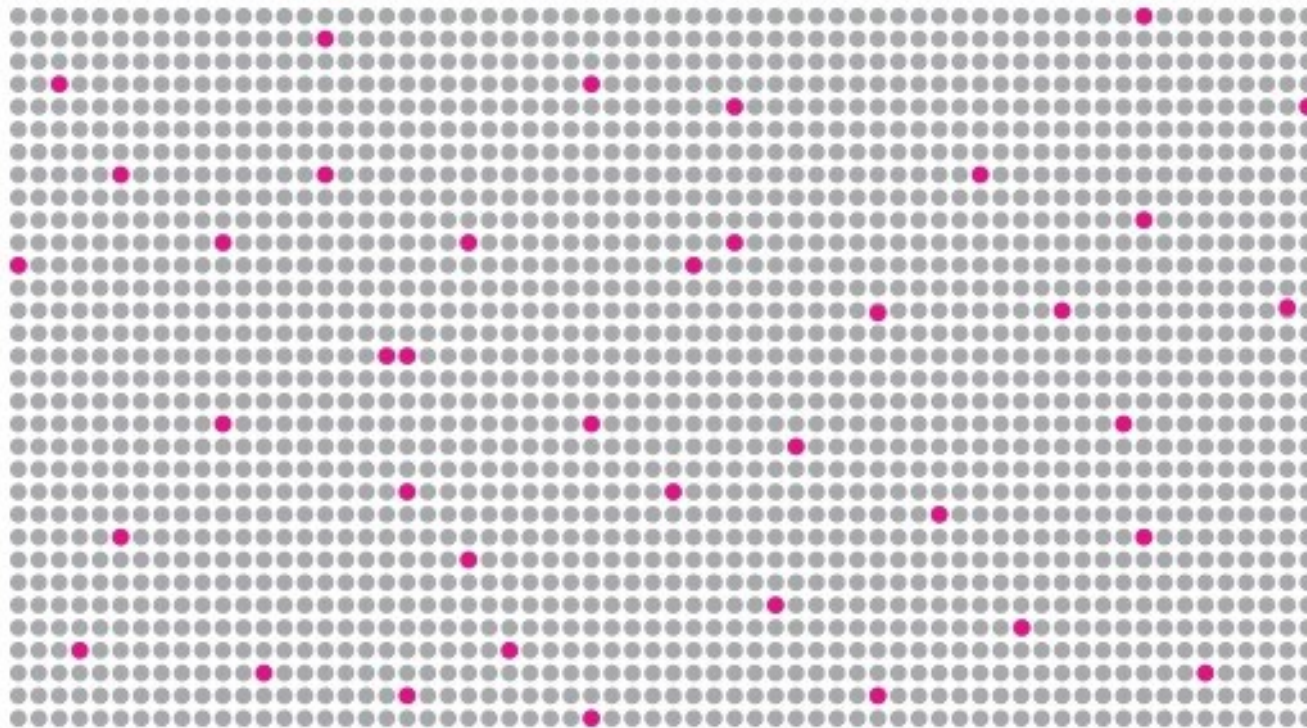
## Conceitos chave

- **HTM** - Hierarchical Temporal Memory  
Memória Temporal Hierárquica
- **SDR** - Sparse Distributed Representations  
Representações Distribuídas Esparsas
- **CLA** - Cortical Learning Algorithms  
Algoritmos de Aprendizagem Cortical



# SDR - Sparse Distributed Representations

*(Representações Distribuídas Esparsas)*



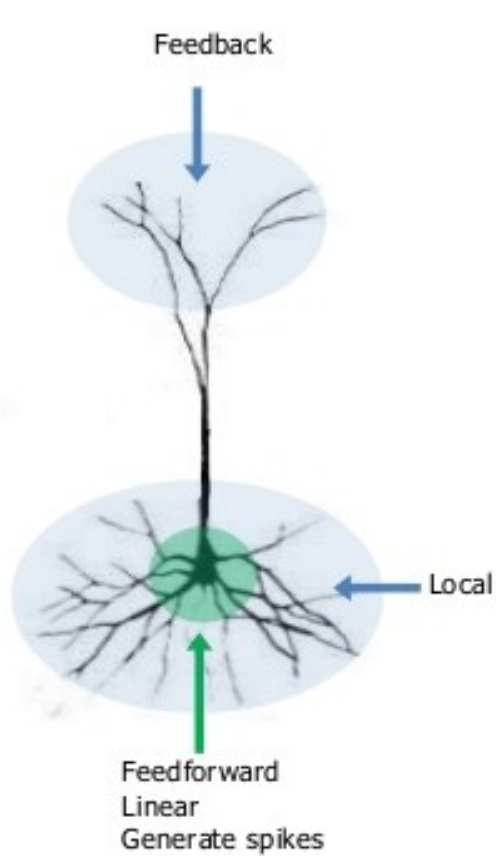
1) 01000000000000000001000000000000000000000000000000000000000.....01000  
2) 00000000000000000001000000000000000100000000000000000000000.....00001     2%  
3) 00001000000000000000000000000000010000000000000000000000000.....00000  
    ....  
10) 00000000000000000001000000100000000000000000000000000000000.....00000

## União

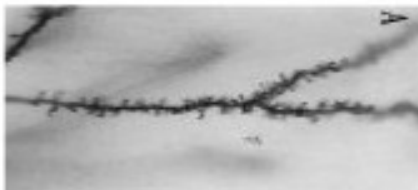
**Esse SDR está associado?**

0100100000000010010100100000100000100000000001010000010000.....01001 20%

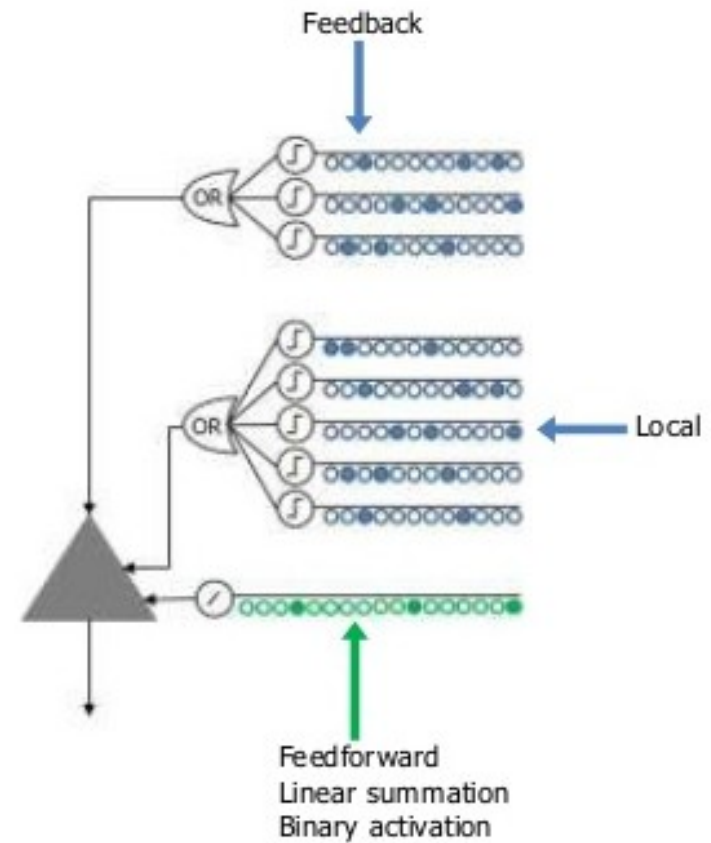
# O Neurônio



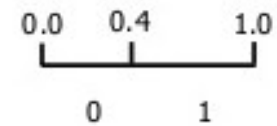
**Neurônio biológico**



**Sinapse biológica**



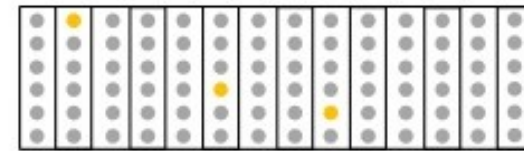
**Neurônio HTM**



**Sinapse HTM**

## Memória temporal HTM

## 1) Anatomia cortical

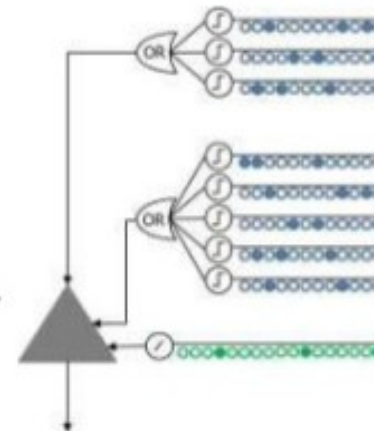


Mini-columns  
Inhibitory cells  
Cell connectivity patterns

## 2) Sparse Distributed Representations

```
000000010000000000000100000000000000000001000000000000010000.....00000
```

### 3) Neurônios "realísticos"





# Aplicações



**Monitoramento de infraestrutura de TI**



**Dados financeiros**



**Consumo de energia**



**Rastreamento de veículos**



**Monitoramento de saúde em tempo real**



# Código - Github

🔒 GitHub, Inc. [US] | <https://github.com/numenta>

[Features](#)[Business](#)[Explore](#)[Pricing](#)[This orga](#)

## Numenta

Biologically inspired machine intelligence

📍 Redwood City, Ca

🌐 <http://numenta.com>

✉ [help@numenta.org](mailto:help@numenta.org)

📁 Repositories

👤 People 36

### nupic

Numenta Platform for Intelligent Computing is an implementation of Hierarchical Temporal Memory (HTM), a theory of intelligence based strictly on the neuroscience of the neocortex.

[artificial-intelligence](#)[machine-intelligence](#)[neocortex](#)[hierarchical-temporal-memory](#)

● Python

<https://github.com/numenta>

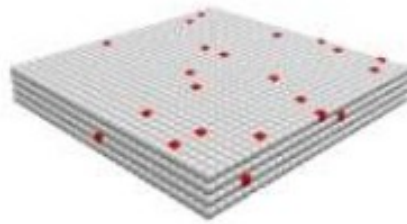
# HTM Studio for Anomaly Detection



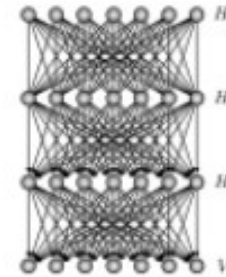
<http://numenta.com/htm-studio/>

# Panorama - Machine Intelligence

**Cortical**  
(e.g. HTM)



**ANNs**  
(e.g. Deep learning)



**A.I.**  
(e.g. Watson)



<b>Premise</b>	Biological	Mathematical	Engineered
<b>Data</b>	Spatial-temporal Behavior	Spatial-temporal	Language Documents
<b>Capabilities</b>	Prediction Classification Goal-oriented Behavior	Classification	NL Query

## Meus estudos atuais

# Ideias...



Anomaly Type	Sudden	In predictable data	In noisy data	Human can't see
HTM Learning Algorithms	Yes	Yes	Yes	Yes
Thresholds	Yes	No	No	No
Various Statistical	Yes	Maybe	Yes	No
Time Series Analysis	Yes	Yes	No	No



# Aprendizado Bayesiano

## Bayesian Online Changepoint Detection

Ryan Prescott Adams  
Cavendish Laboratory  
Cambridge CB3 0HE  
United Kingdom

David J.C. MacKay  
Cavendish Laboratory  
Cambridge CB3 0HE  
United Kingdom

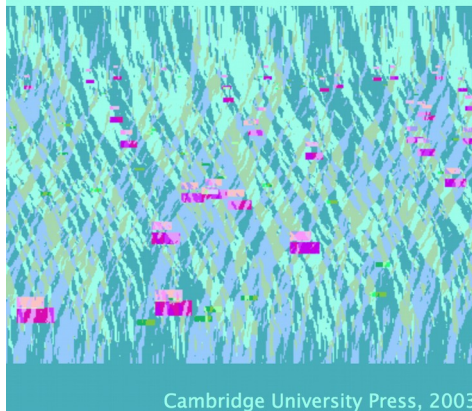
Artigo: <https://arxiv.org/abs/0710.3742>



David J.C. MacKay

David J.C. MacKay

Information Theory, Inference,  
and Learning Algorithms



Livro gratuito

<http://www.inference.phy.cam.ac.uk/mackay/itila/book.html>

## Thomas Bayes



[ 370 ]  
quodque solum, certa nitri signa præbere, sed plura  
concurrere debere, ut de vero nitro producto dubium  
non relinquatur.  
LII. *An Essay towards solving a Problem in  
the Doctrine of Chances. By the late Rev.  
Mr. Bayes, F. R. S. communicated by Mr.  
Price, in a Letter to John Canton, A. M.  
F. R. S.*  
Dear Sir,  
Read Dec. 23, 1763. I Now send you an essay which I have  
found among the papers of our de-  
ceased friend Mr. Bayes, and which, in my opinion,  
has great merit, and well deserves to be preserved.  
Experimental philosophy, you will find, is nearly in-  
terested in the subject of it; and on this account there  
seems to be particular reason for thinking that a com-  
munication of it to the Royal Society cannot be im-  
proper.  
He had, you know, the honour of being a mem-  
ber of that illustrious Society, and was much esteem-  
ed by many in it as a very able mathematician. In an  
introduction which he has writ to this Essay, he says,  
that his design at first in thinking on the subject of it  
was, to find out a method by which we might judge  
concerning the probability that an event has to hap-  
pen, in given circumstances, upon supposition that we  
know nothing concerning it but that, under the same  
circum-

## Teorema de Bayes

$$P(A | B) = \frac{P(B | A)P(A)}{P(B)}$$

# Aprendizado Bayesiano

## Distribuição $t$ de Student

$$t_{\nu}(x|\mu, \sigma^2) = c \left[ 1 + \frac{1}{\nu} \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]^{-\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}$$
$$c = \frac{\Gamma(\frac{\nu}{2} + \frac{1}{2})}{\Gamma(\frac{\nu}{2})} \frac{1}{\sqrt{\nu\pi}\sigma}$$

## com os parâmetros

$$\mu = \mu$$
$$\sigma = \frac{\beta \cdot \kappa + 1}{\alpha \cdot \kappa}$$
$$\nu = 2 \cdot \alpha$$

## e os critérios de atualização

$$\mu = \frac{(\kappa \cdot \mu + X(t))}{(\kappa + 1)}$$
$$\kappa = \kappa + 1$$
$$\alpha = \alpha + 0.5$$
$$\beta = \beta + \frac{(\kappa \cdot (X(t) - \mu)^2)}{(2 \cdot (\kappa + 1))}$$

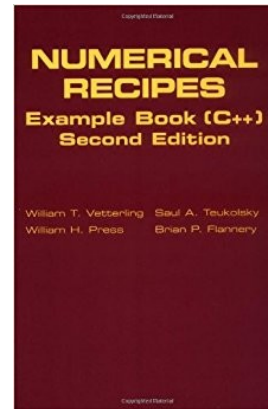


## scipy.stats.t

### Notes

The probability density function for  $t$  is:

$$t.pdf(x, df) = \frac{\text{gamma}((df+1)/2)}{\sqrt{\pi \cdot df} * \text{gamma}(df/2) * (1+x^2/df)^{((df+1)/2)}}$$



$$\frac{\text{gamma}(df/2)}{\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)}$$

```
static class StudentTDistribution {  
  
    public static ArrayList<Double> pdf(ArrayList<Double> r = new ArrayList<>());  
    for(int i = 0; i < x.size(); i++){  
        double num = gamma((df.get(i)+1)/2);  
        double den = Math.sqrt(Math.PI * df.g  
            gamma(df.get(i)/2) *  
            Math.pow( (1 + (Math.pow(x.ge  
        r.add(num / den);  
    }  
}
```

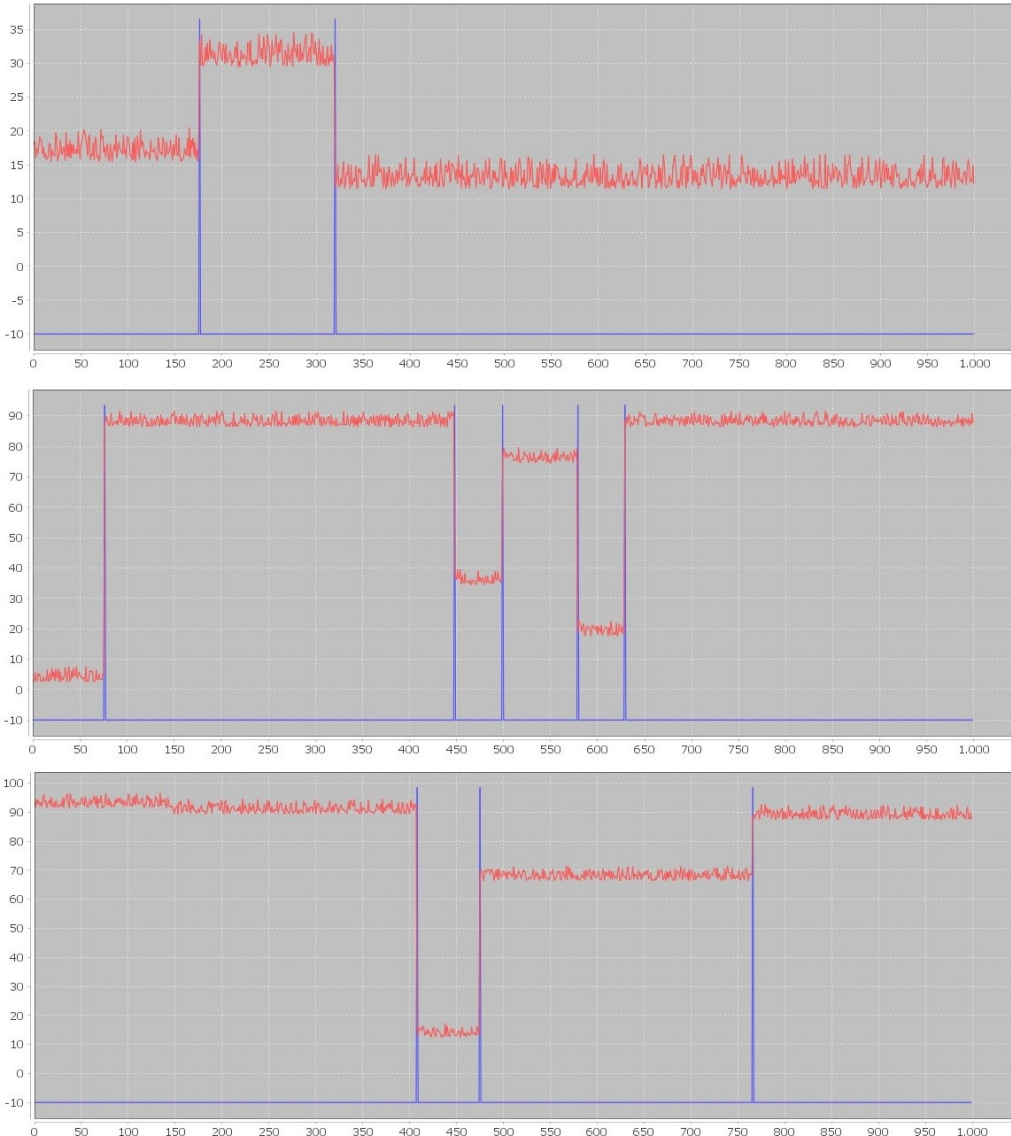
Código Java





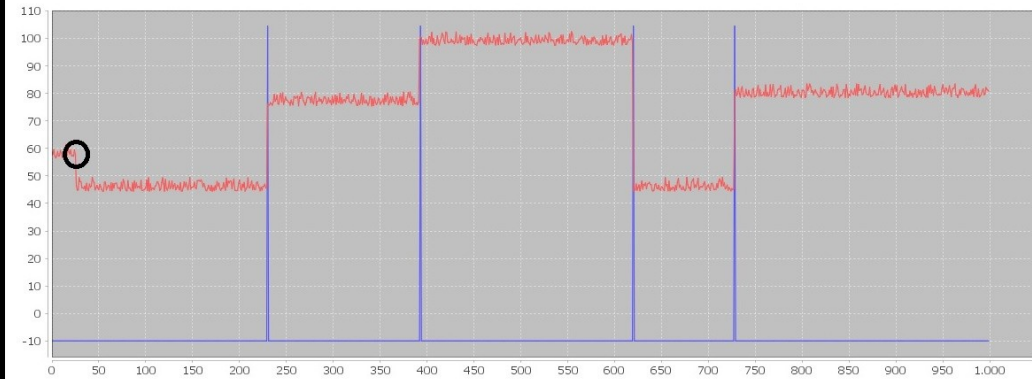
# Aprendizado Bayesiano

## ACERTOS

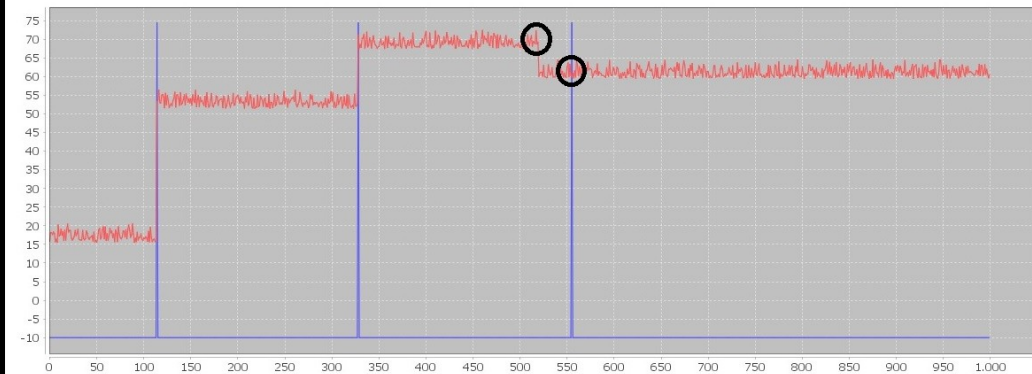


## FAIL

Houve uma variação mas não houve uma detecção



Houve uma variação mas não houve uma detecção  
&  
Houve uma detecção mas não houve uma variação



**Essa apresentação foi patrocinada por**

