

Large languages, impossible languages and human brains

Moro et al. (preprint 2023)

Por: Pedro e Stefanie

LINGUAGEM DAS MÁQUINAS: conceitos

REDES NEURAIIS [Artificial Neural Networks (ANNs)]

Redes artificiais compostas por uma dada quantidade de dados para processamento da informação e resolução de problemas. Modelos baseados puramente em probabilidade (medida numérica que quantifica a chance de ocorrência de um evento). Possuem diversas camadas e existem diferentes tipos de redes neurais.

Algoritmos que possuem capacidade de analisar muitos dados e aprender com eles para melhorar suas respostas. Funcionam como um modelo estatístico em escala gigantesca. O nome vem da ideia de tentar simular o sistema nervoso humano.

LARGE LANGUAGE MODELS (LLMs) – subconjunto de ANNs

Modelos de redes neurais que simulam a linguagem humana. Ex. Chat-GPT.

Deep Convolution Neural Networks (DCNNs) – subconjunto de ANNs

São modelos de redes neurais para análise de imagens.

Aplicações diversas

Geradores de imagens



Copilot Designer

partir de palavras com IA

um bolo de fubá com café, em uma mesa na varanda de uma casa no interior

Ingressar e Criar

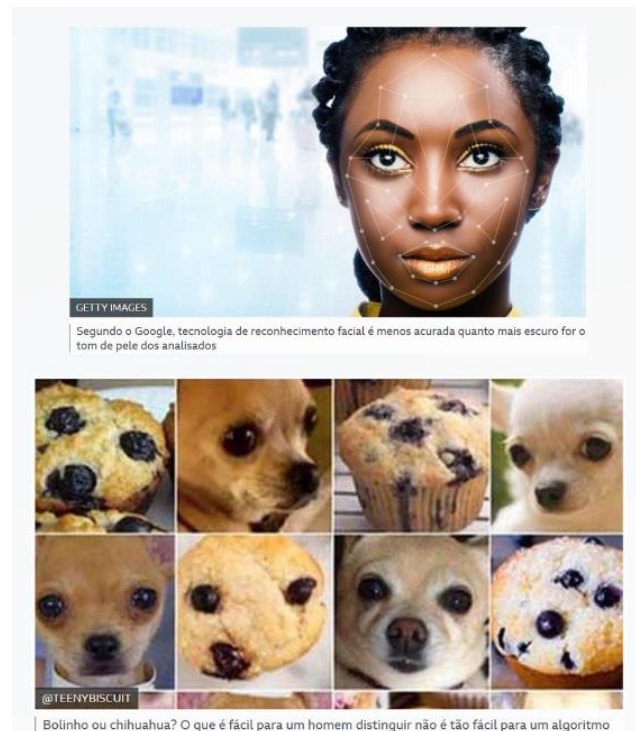
O Criador de imagens do Designer ajuda você a gerar imagens com base em suas palavras através da IA. Saiba mais.

Aguarde. Suas imagens estão em andamento. Volte mais tarde para ver se suas imagens estão prontas.

Enquanto espera, inspire-se para a sua próxima descrição de imagem na página inicial do Criador de imagens!

Explorar a página inicial

Modelos de reconhecimento



GETTY IMAGES

Segundo o Google, tecnologia de reconhecimento facial é menos acurada quanto mais escuro for o tom de pele dos analisados

@TEENYBISCUIT

Bolinho ou chihuahua? O que é fácil para um homem distinguir não é tão fácil para um algoritmo

Quem garante que os algoritmos não são tendenciosos?

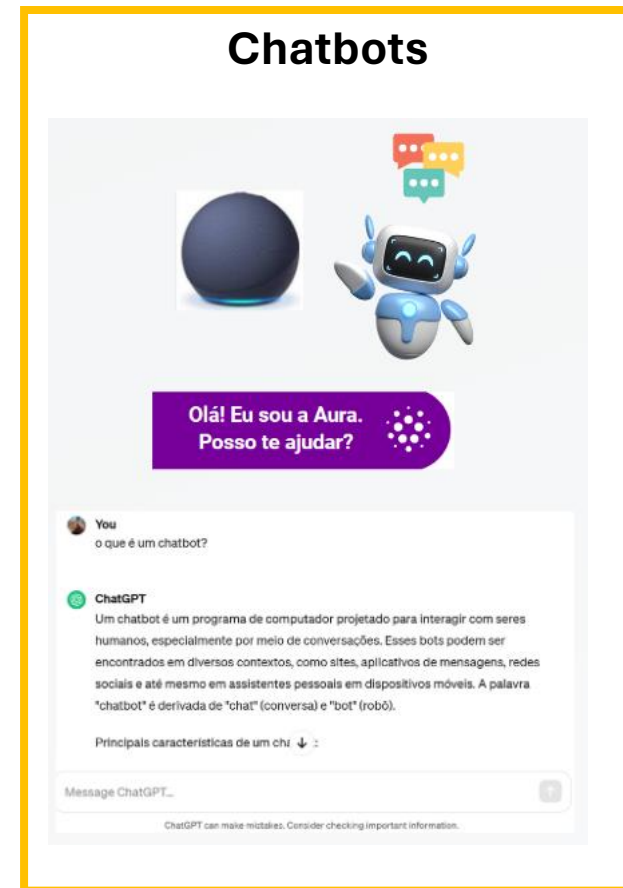
<https://www.bbc.com/portuguese/geral-48889883>

Tradutores

A foto da parede foi a causa do motim (sujeito, verbo, predicado)

A causa do motim foi a foto da parede (predicado, verbo, sujeito)

Chatbots



Olá! Eu sou a Aura. Posso te ajudar?

You: o que é um chatbot?

ChatGPT: Um chatbot é um programa de computador projetado para interagir com seres humanos, especialmente por meio de conversações. Esses bots podem ser encontrados em diversos contextos, como sites, aplicativos de mensagens, redes sociais e até mesmo em assistentes pessoais em dispositivos móveis. A palavra "chatbot" é derivada de "chat" (conversa) e "bot" (robô).

Principais características de um chatbot:

Message ChatGPT...

ChatGPT can make mistakes. Consider checking important information.

Por que large language models (chatbots) NÃO são equiparáveis à linguagem humana

- humanos têm **criatividade**, máquinas usam a Estatística somente
- a probabilidade nua e crua não é suficiente para as máquinas aprenderem **aspectos básicos** da **estrutura** sintática da linguagem humana
- humanos adquirem linguagem mesmo diante da **Pobreza de Estímulos**, ao passo que máquinas precisam de milhões de dados bem construídos para aprenderem padrões
- mesmo assim falham na análise de estruturas sintáticas básicas, como por exemplo, na análise dos papéis temáticos
- não conseguem **mentir**, porque não têm senso de verdade (1 das grandes características da linguagem humana)
- não conseguimos aferir a **competência** das máquinas, já que isso envolve questões de hardware e fatores tecnológicos, que podem ser bem diferentes entre 1 máquina e outra
- a linguagem humana pode ser aferida com **estudos clínicos** (comparação com falantes típicos e afásicos); não conseguimos fazer essa comparação c/ as máquinas

Conclusão do paper: dados todos esses motivos, a melhor alternativa para se investigar as questões mais intrínsecas (nível dos princípios) da linguagem humana é o **Modelo das Línguas Impossíveis**.

Função das redes neurais (máquinas)

Processamento das informações (dados) **para** resolução de problemas de forma **similar** ao cérebro. Escala dos dados é exorbitante.

Aplicações

No caso de uma rede neural para a linguagem, por exemplo, ela pode servir como um cérebro, em que você adiciona um *input* (uma frase com pseudopalavra) e o modelo simula uma onda como a de um N400. **O modelo seria treinado com milhares de dados de EEG de um cérebro humano, por exemplo, e aprenderia esses padrões para tentar gerar novos, com base nas milhares de informações dadas.**



Brain and grammar: revealing electrophysiological basic structures with competing statistical models

Cometa et al. (2024, preprint)

Contexto

Compara um modelo estatístico (estimativa artificial) com um modelo real (rodado com humanos), mas transformado em um modelo matemático.

Modelos Estatísticos Concorrentes

Calculam o efeito surpresa de uma palavra ocorrer dado determinado contexto (probabilidade).

Objetivo

Testar modelos estatísticos concorrentes para analisar a contribuição lexical e sintática para o processamento da linguagem.

Modelos Estatísticos Concorrentes

São modelos que calculam a probabilidade de ocorrência de uma palavra em um determinado contexto (definem como “efeito surpresa”).

Modelos lineares: previsibilidade de 1 palavra ou estrutura ocorrer baseada na palavra ou estrutura que veio imediatamente antes.

Exemplo: Tomei café **com** MEIA
Tomei café **com** LEITE

Modelos hierárquicos: calculam tanto com base na probabilidade no nível da palavra, quanto no nível do sintagma (POS, part of the speech).

Exemplo: A **filha favorita** do João morreu.
A **filha** favorita do João **bateu as botas**.

Testar modelos estatísticos concorrentes para analisar a contribuição lexical e sintática para o processamento da linguagem.

Metodologia

- Sentenças declarativas em italiano com partes homófonas e estruturas diferentes.
- LA PORTA a porta (artigo - nome) ela traz (clítico - verbo)

- **Homofonia imprevisível** (adv - HP - NP/VP)

Forse **la porta** è aperta (maybe the door is open)

Forse **la porta** a casa (maybe s/he brings it at home)

- **HP previsibilidade fraca** (adv. past - HP)

Ieri **la porta** era aperta (yesterday the door was opened)

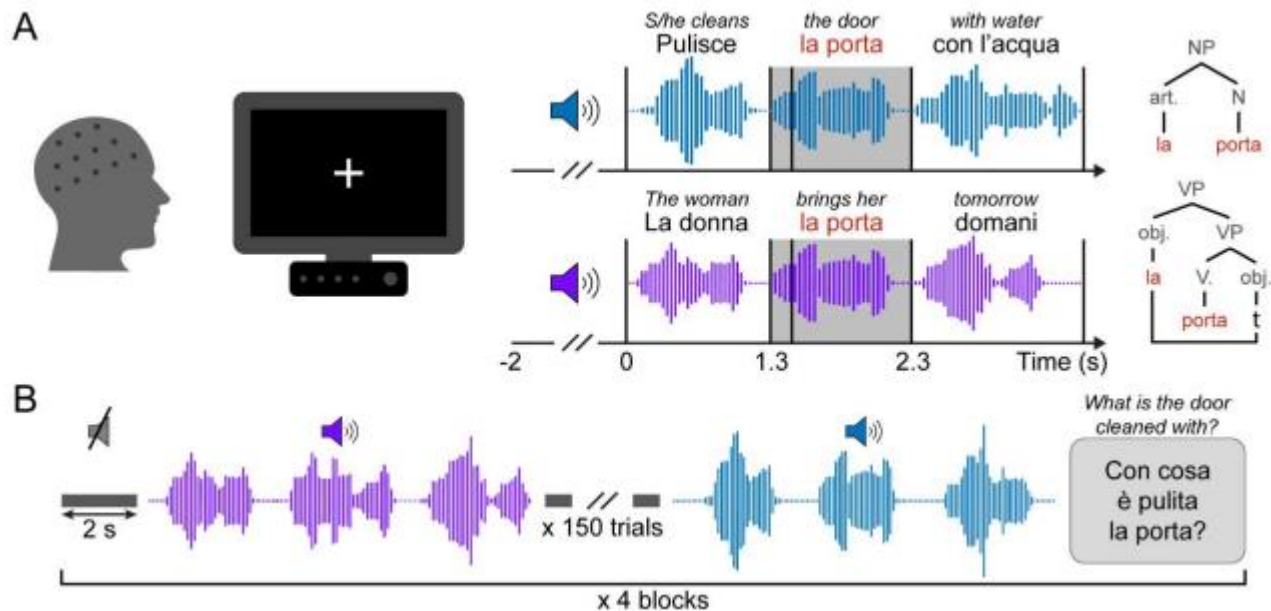
Até o LA, vc não consegue saber se é NP ou VP

- **Homofonia fortemente previsível** (VP/ NP + HP)

Pulisce **la porta** con l'acqua (she cleans the door with water)

La donna **la porta** domani (the woman brings her tomorrow).

Tarefa: ouvir as sentenças e responder a perguntas.



- **EEG** de 65 canais, impedância: **30k**, estímulos randomizados, 600 trials (rodadas), **eventos considerados** em cada trial: começo da sentença, começo do NP ou VP da homofonia, começo da 1a palavra depois da homofonia; as perguntas eram feitas a cada 150 sentenças.
- **Intervalo** a cada 75 trials, EEG configurado a 500Hz, pre-processamento de 250Hz, **passa banda de 40Hz**, **épocas** analisadas: 2s antes do estímulo e 4.5 segundos depois, artefatos com amplitude muito alta foram removidos e canais ruins foram **interpolados**.

- **5 bandas de frequência foram analisadas: processos cognitivos emitem ondas eletroquímicas em diferentes bandas de frequências. delta (0-4Hz), theta (4-8Hz), alpha (8-13Hz), beta (13-30Hz), gama (30-40Hz)**

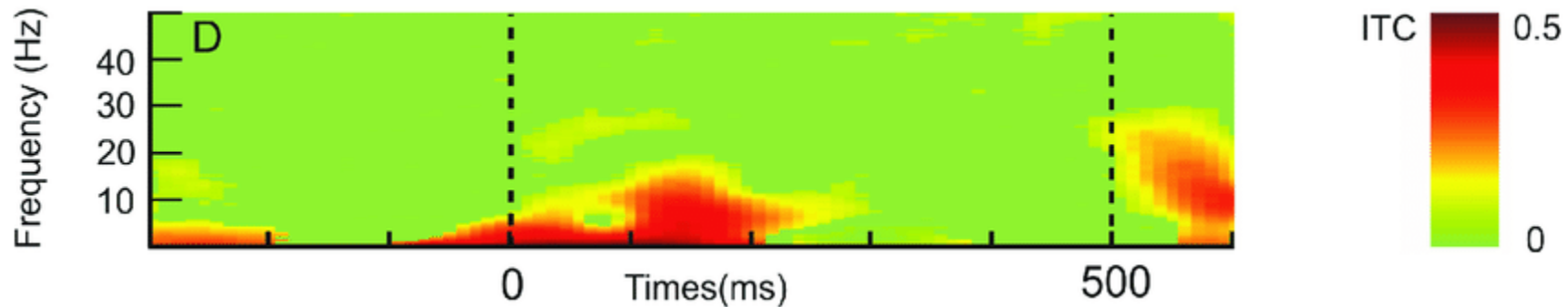
Resultados: a plotagem dos resultados é tanto os dados do EEG transformados em matrizes (vamos explicar brevemente depois), quanto o do modelo estatístico artificial.

Resultados em consonância com estudos anteriores que utilizaram medidas intracorticais.

METODOLOGIA

Event-Related Spectral Perturbations

- Análise no tempo e na frequência;
- Cálculo do poder espectral: o quanto o estímulo causa perturbação nas ondas do EEG por unidade de frequência.



Todos os modelos são probabilísticos!

Nome do modelo	Tipo de modelo	Como é entendido no estudo
Linear	Palavras (word probability)	N-gram surprisal (Cadeias de Markov)
Linear	Partes do discurso (POS)	POS n-gram surprisal
Hierárquico	Palavras	Lexical surprisal
Hierárquico	POS	Syntactic surprisal



Força: 0



Força: 5



Força: 10



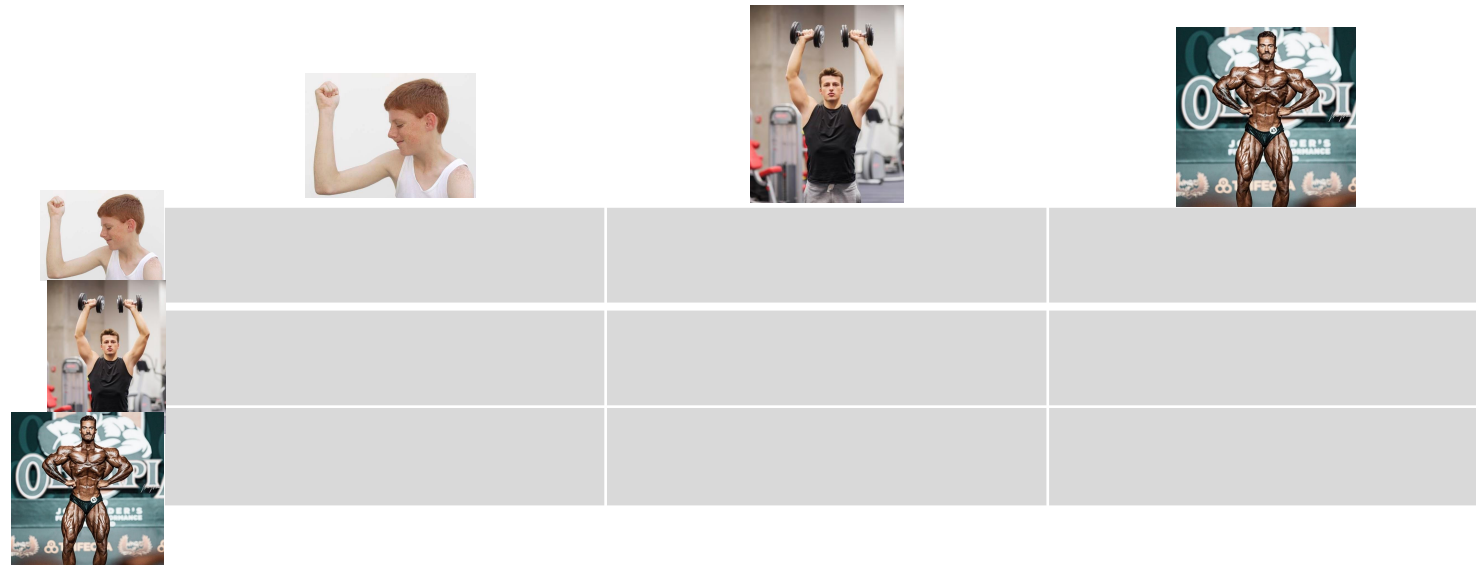
Força: 0



Força: 5



Força: 10





Força: 0



Força: 5



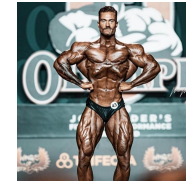
Força: 10



Coluna 1

Coluna 2




Coluna 3



Linha 1

Linha 2

Linha 3



Força: 0



Força: 5



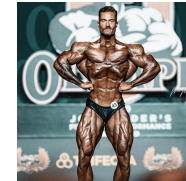
Força: 10



Coluna 1

Coluna 2

Coluna 3



Linha 1

Linha 2

Linha 3



0		



Força: 0



Força: 5



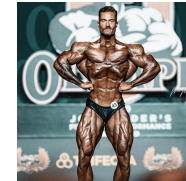
Força: 10



Coluna 1

Coluna 2

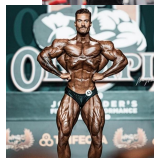
Coluna 3



Linha 1

Linha 2

Linha 3



	0	5	



Força: 0



Força: 5



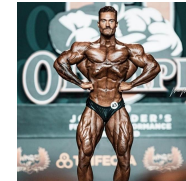
Força: 10



Coluna 1

Coluna 2

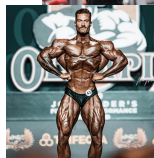
Coluna 3



Linha 1

Linha 2

Linha 3



	0	5	10
0			
5			
10			



Força: 0



Força: 5



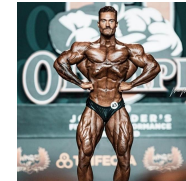
Força: 10



Coluna 1

Coluna 2

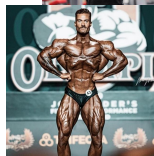
Coluna 3



Linha 1

Linha 2

Linha 3



	0	5	10
	5		



Força: 0



Força: 5



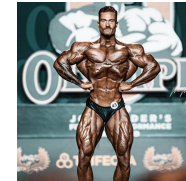
Força: 10



Coluna 1

Coluna 2

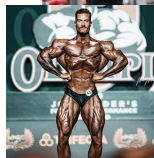
Coluna 3



Linha 1

Linha 2

Linha 3



	0	5	10
	5	0	



Força: 0



Força: 5



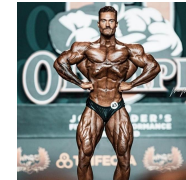
Força: 10



Coluna 1

Coluna 2

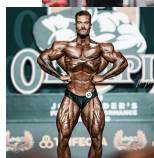
Coluna 3



Linha 1

Linha 2

Linha 3



	0	5	10
	5	0	5



Força: 0



Força: 5



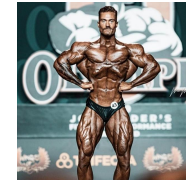
Força: 10



Coluna 1

Coluna 2

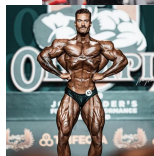
Coluna 3



Linha 1

Linha 2

Linha 3



0	5	10
5	0	5
10		



Força: 0



Força: 5



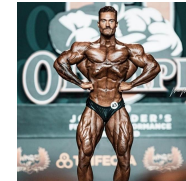
Força: 10



Coluna 1

Coluna 2

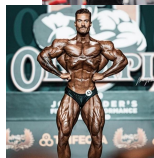
Coluna 3



Linha 1

Linha 2

Linha 3



0	5	10
5	0	5
10	5	



Força: 0



Força: 5



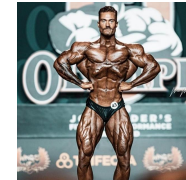
Força: 10



Coluna 1

Coluna 2

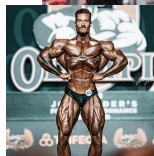
Coluna 3



Linha 1

Linha 2

Linha 3



0

5

10

5

0

5

10

5

0

	0	5	10
	5	0	5
	10	5	0



Força: 0



Força: 5



Força: 10



Coluna 1

Coluna 2

Coluna 3



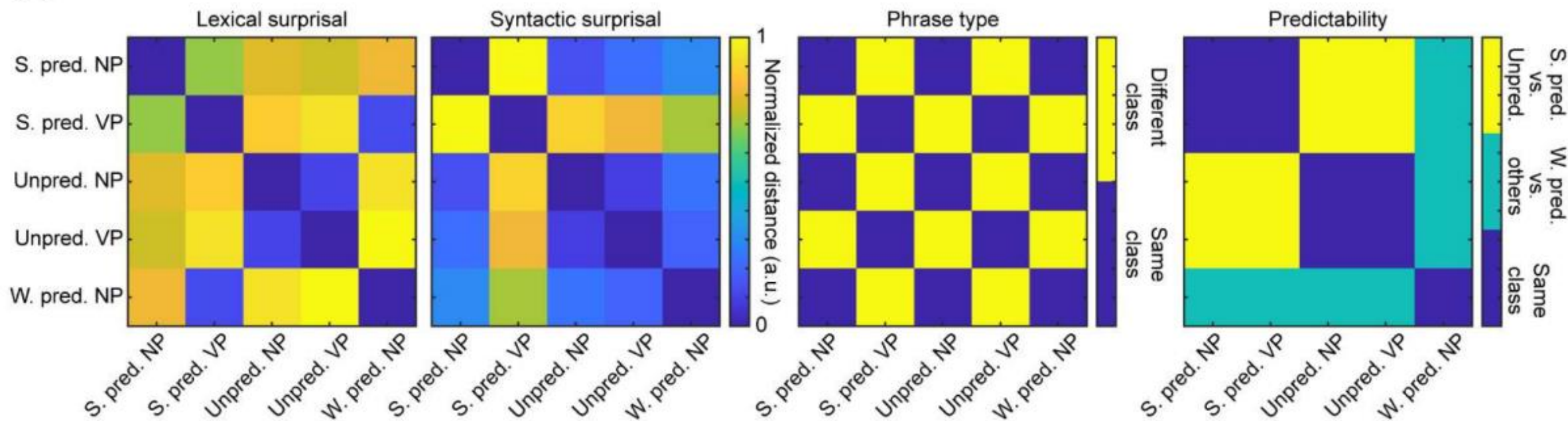
Linha 1

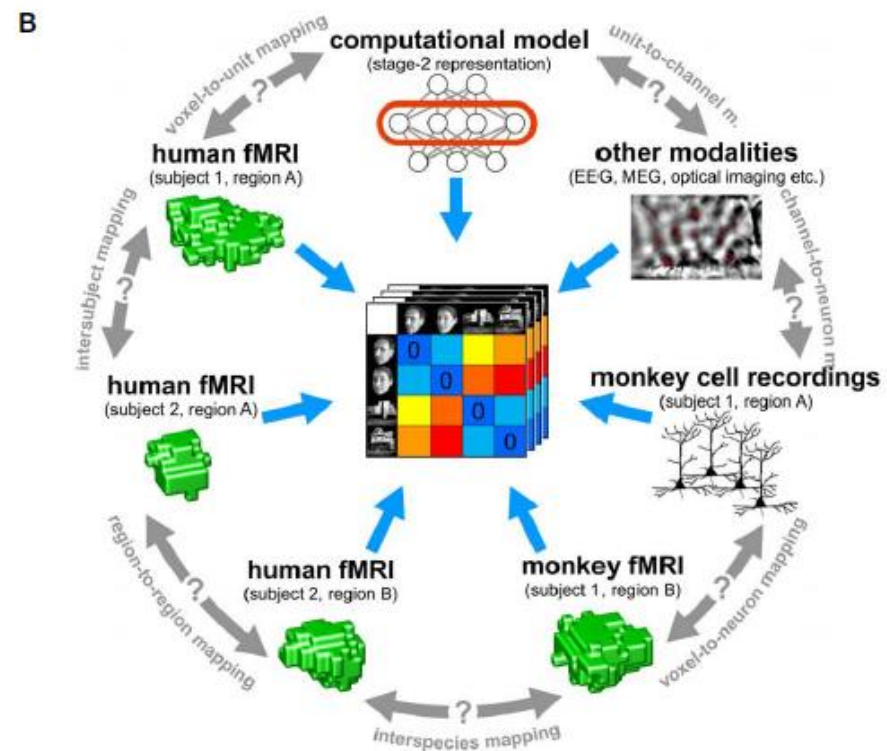
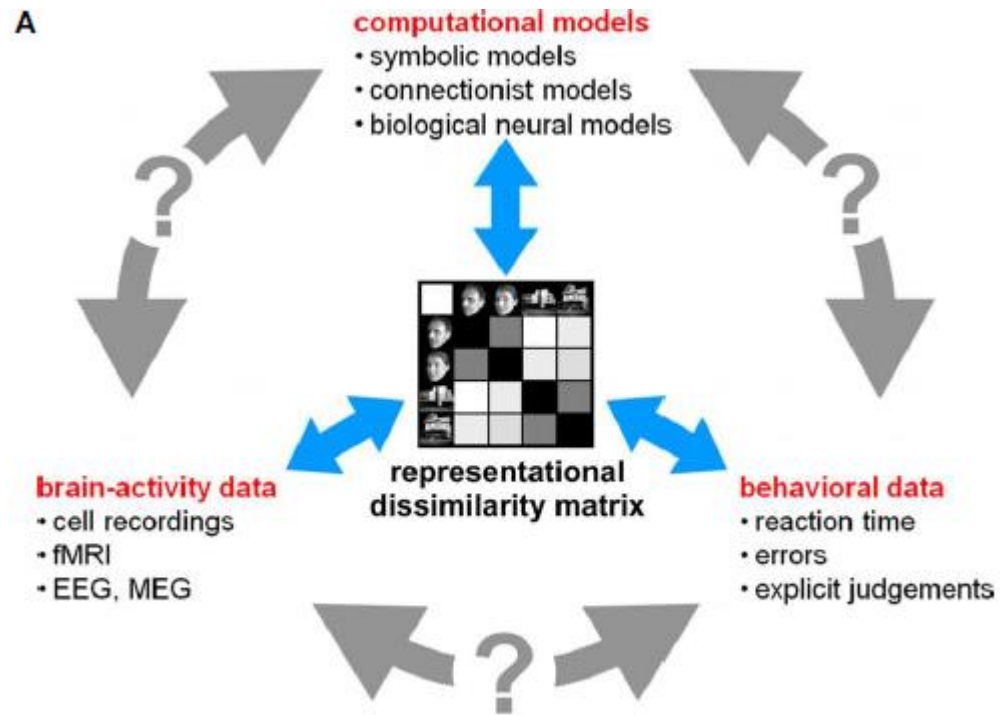
Linha 2

Linha 3



A







"representational similarity analysis"

[Advanced](#) [Create alert](#) [Create RSS](#)

Save

Email

Send to

Sort by:

MY NCBI FILTERS

549 results

RESULTS BY YEAR



Individualizing Representational Similar

1 Levine SM, Schwarzbach JV.

Cite Front Psychiatry. 2021 Oct 11;12:729457. doi: 10.3389/PMID: 34707520 [Free PMC article.](#)

Share **Representational similarity analysis** (RSA) is a popular neuroscience that uses functional neuroimaging to infer brain activity. ...



"representational similarity analysis"

[Advanced](#) [Create alert](#) [Create RSS](#)

Save

Email

Send to

Sort by:

MY NCBI FILTERS

549 results

RESULTS BY YEAR



- Individualizing Representational Similarity Analysis**
1 Levine SM, Schwarzbach JV.
Cite Front Psychiatry. 2021 Oct 11;12:729457. doi: 10.3389/fpsyt.2021.729457. PMID: 34707520 **Free PMC article.**
Share **Representational similarity analysis** (RSA) is a popular neuroscience technique that uses functional neuroimaging to infer brain activity. ...

ORIGINAL RESEARCH article

Front. Syst. Neurosci., 24 November 2008

Volume 2 - 2008 | <https://doi.org/10.3389/neuro.06.004.2008>

Representational similarity analysis – connecting the branches of systems neuroscience

Nikolaus Kriegeskorte^{1,*} Marieke Mur^{1,2} Peter Bandettini¹

¹ Section on Functional Imaging Methods, Laboratory of Brain and Cognition, National Institute of Mental Health, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA

² Department of Cognitive Neuroscience, Faculty of Psychology, Maastricht University, Maastricht, The Netherlands

Download Article

151,702
Total views

34,112
Downloads

2,567
Citations



[View article impact >](#)



[View altmetric score >](#)

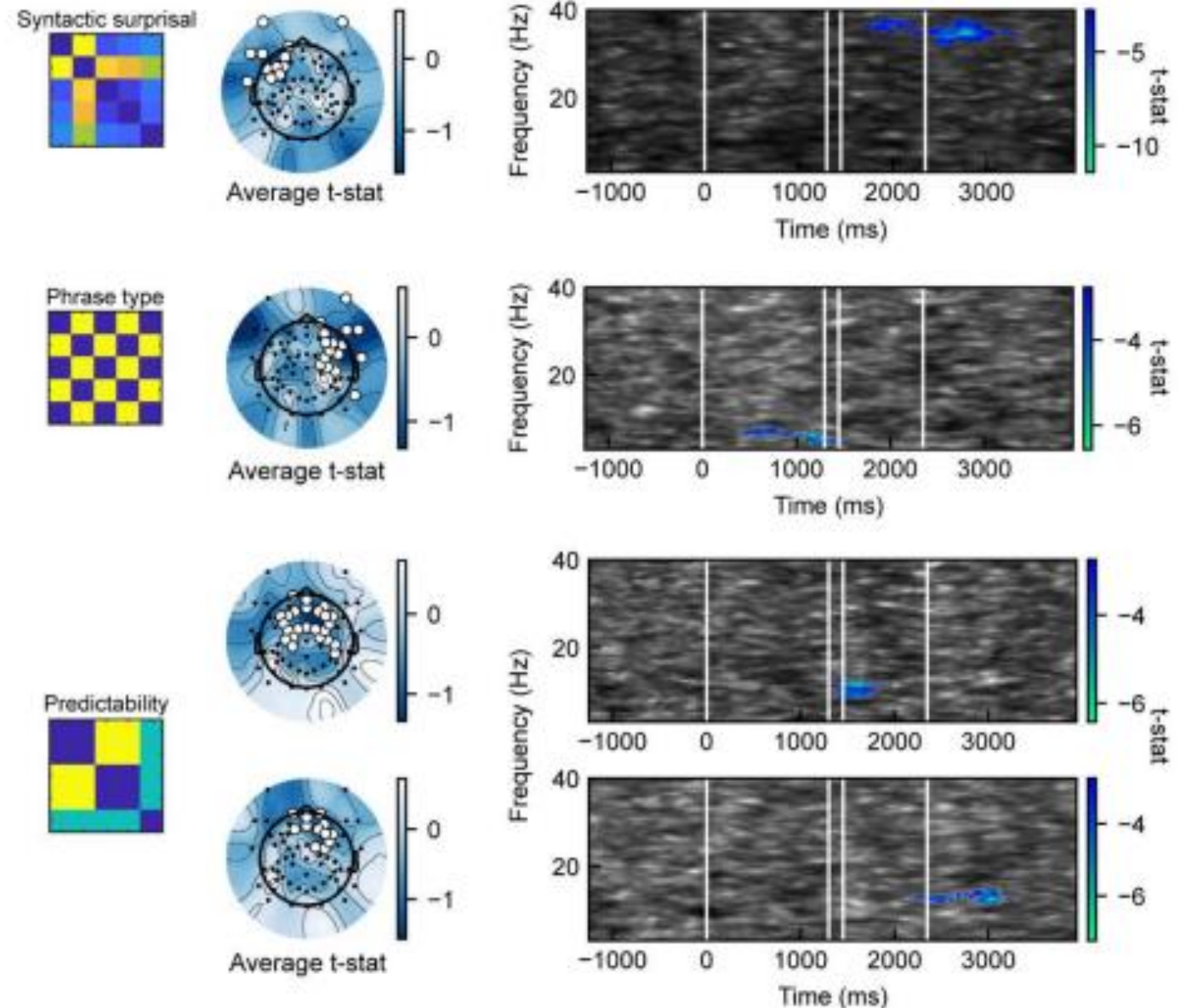
- **Messi, A. & Pykkänen, L. (submitted). Tracking neural correlates of contextualized meanings with representational similarity analysis.**

RESULTADOS

Todos os modelos são probabilísticos!

Nome do modelo	Tipo de modelo	Como é entendido no estudo
Linear	Palavras (word probability)	N-gram surprisal (Cadeias de Markov)
Linear	Partes do discurso (POS)	POS n-gram surprisal
Hierárquico (PCFG)	Palavras	Lexical surprisal
Hierárquico (PCFG)	POS	Syntactic surprisal

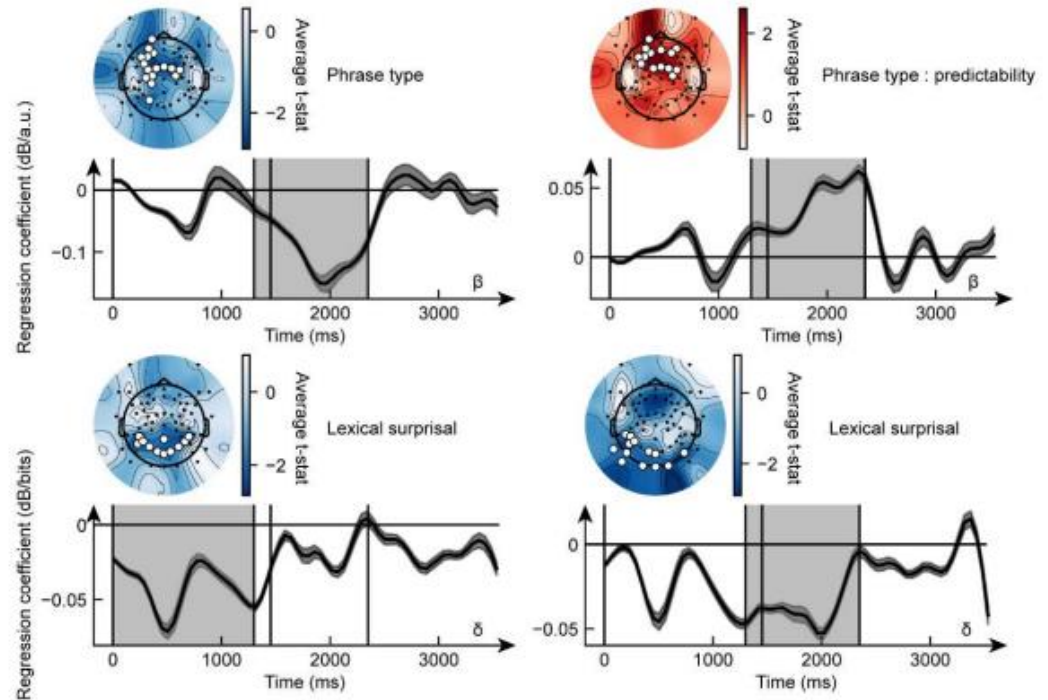
- ERSP não se correlacionou com surpresa lexical.
- Houve uma correlação para a surpresa sintática na banda gama durante o HP (eletrodos frontais esquerdos).
- Phrase type: na banda teta no início da sentença (eletrodos direitos).
- Previsibilidade: 1) banda alfa, na segunda palavra do HP (N ou V), sem lateralização; 2) eletrodos frontais (mais para direita) entre bandas alfa e beta após o HP.



5 bandas de frequência: delta: 0-4 Hz, theta: 4-8 Hz, alpha: 8-13 Hz, beta: 13-30 Hz, and gamma: 30 – 40 Hz.

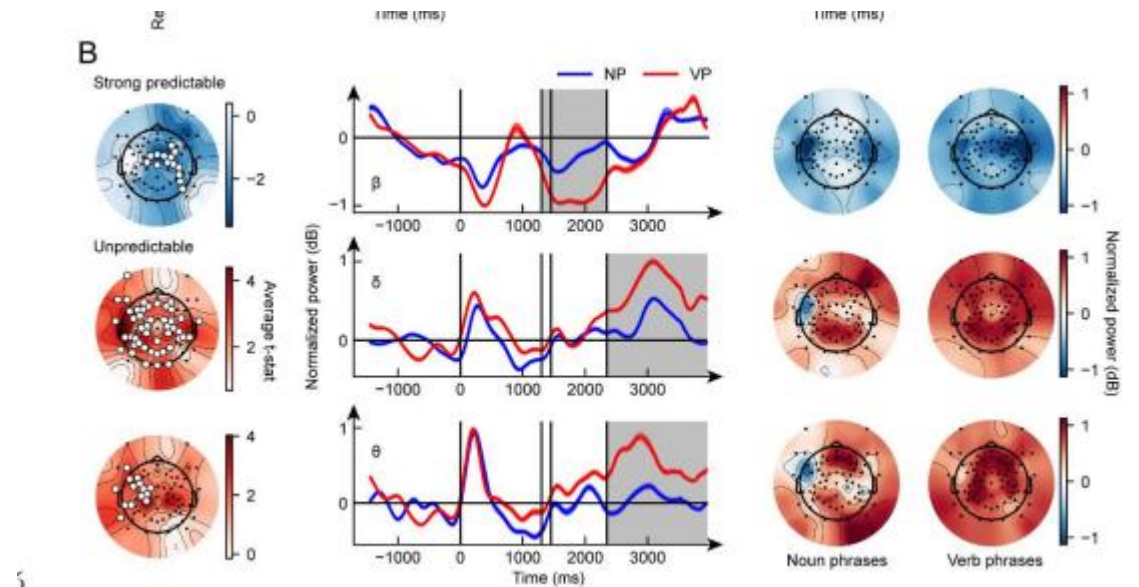
- Modelagem linear (análise multivariada):
 - Isolar o efeito das variáveis independentes;
 - Removeram surpresa sintática porque ela é igual a tipo de sintagma * previsibilidade.
- Na banda beta, há uma diferenciação entre VP e NP (coeficiente de regressão alto durante o HP sendo dito).
 - Na correlação negativa, mostra ativação alta para NP (ou VP) se associando a ativação baixa do VP (ou NP), é como se o cérebro parasse um pra processar o outro. Diferença entre NPs e VPs – o cérebro processa de modo diferente.
 - Surpresa sintática sendo computada se correlacionando positivamente com as ondas.
- A surpresa lexical (palavra) está associada a oscilações na banda delta.
 - Banda, eletrodo e tempo diferente.

A



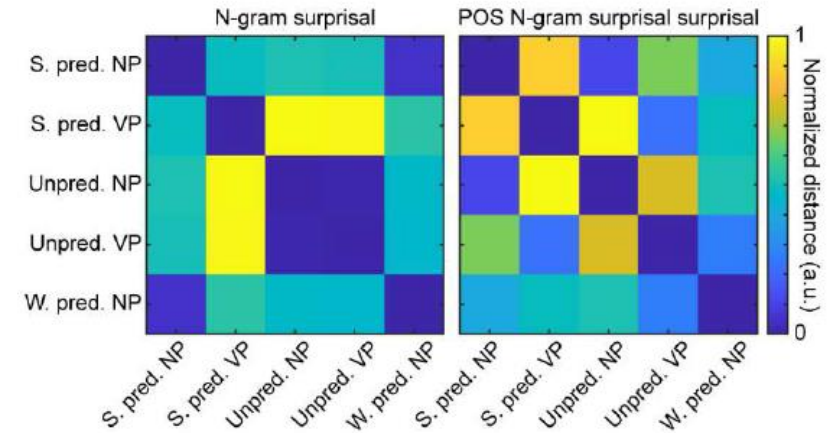
5 bandas de frequência: delta: 0-4 Hz, theta: 4-8 Hz, alpha: 8-13 Hz, beta: 13-30 Hz, and gamma: 30 – 40 Hz.

- Teste de Permutação Baseado em Cluster;
- VP e NP com poder diferente (VP com poder maior = maior complexidade).

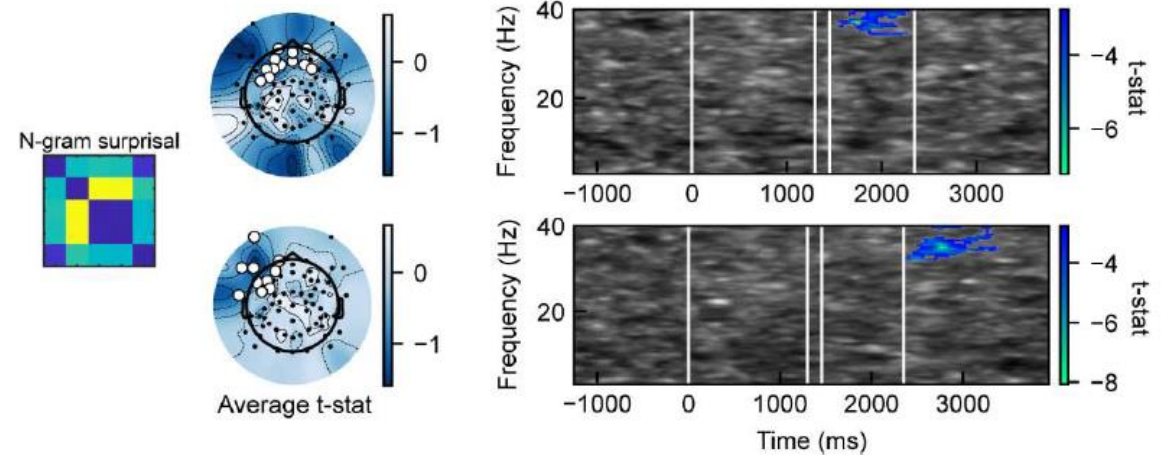


- Modelo n-gram (linear) correlacionou-se com atividade na banda gama.

A

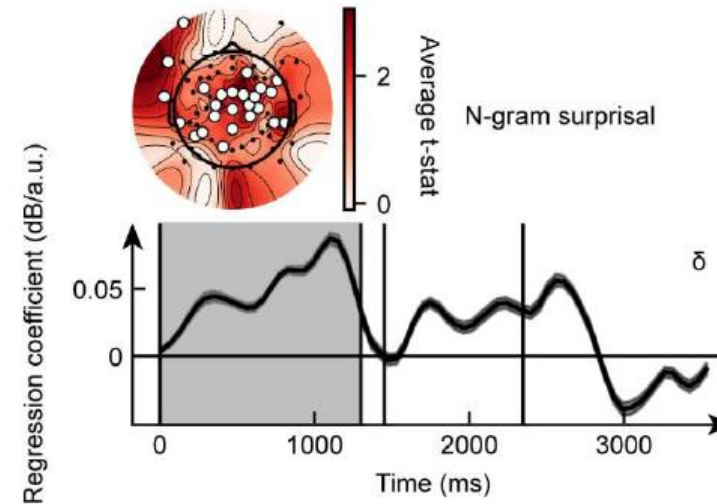
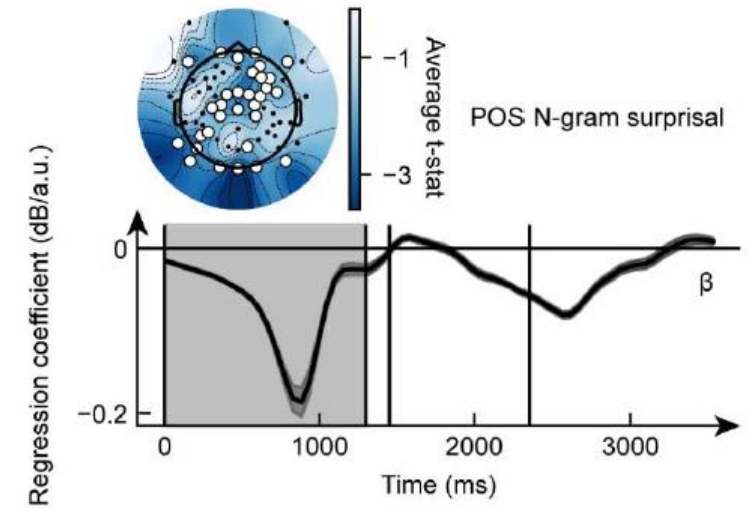
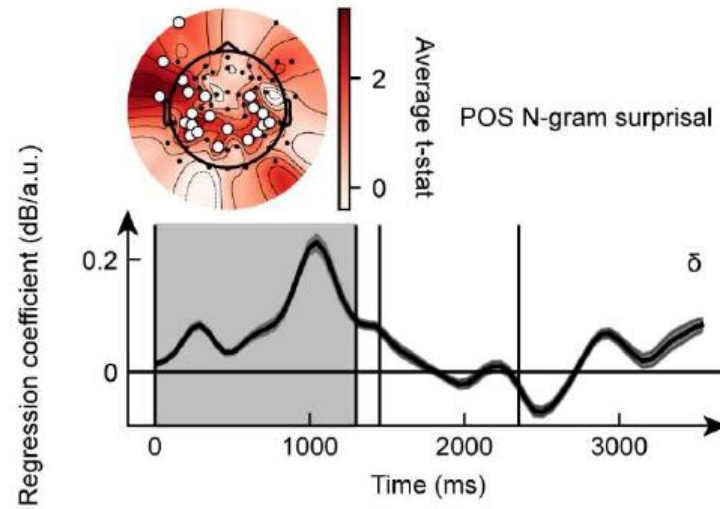


B



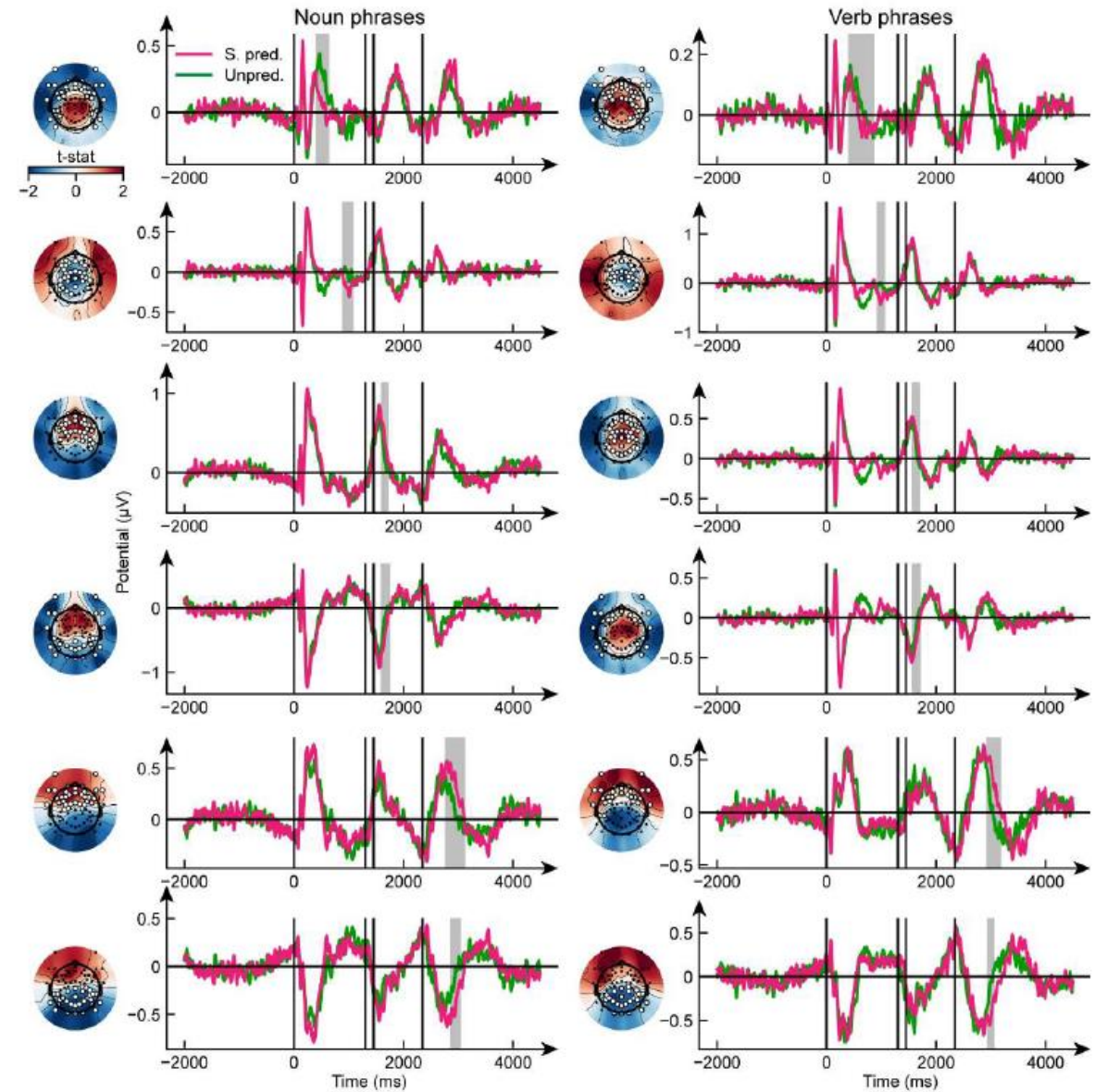
5 bandas de frequência: delta: 0-4 Hz, theta: 4-8 Hz, alpha: 8-13 Hz, beta: 13-30 Hz, and gamma: 30 – 40 Hz.

- Os modelos na regressão linear são significativos em diferentes bandas de frequência.



5 bandas de frequência: delta: 0-4 Hz, theta: 4-8 Hz, alpha: 8-13 Hz, beta: 13-30 Hz, and gamma: 30 – 40 Hz.

- Cluster-based permutation test
- (1) Unpred NP vs S. Pred NP
- (2) Unpred VP vs S. Pred VP
 - Comparou para ver se havia diferença de (1) para (2). O esperado era que não tivesse para evitar efeitos confundidores.



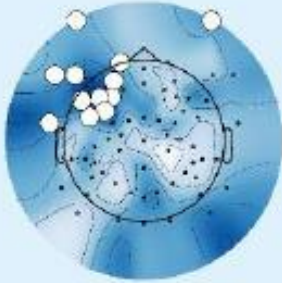
Discussão e conclusões

- Surpresa sintática diferencia os dados; surpresa lexical não.
- Surpresa lexical – associada à compreensão linguística.
 - Região temporo-parietal – áreas de compreensão.
 - Oscilações delta – coordenação de processos cognitivos, como atenção e memória.
- Efeito de phrase type na banda beta.
 - Eletrodos centrais/esquerdos
 - Eletrodos centrais/frontais – phrase type : predictability
- S. Pred: VPs exibem uma dessincronização beta maior durante HP.
- Unpred: sincronização delta e teta após HP.
 - Como eles precisam de mais infos além do HP para saber a categoria, essa sincronização pode ser a busca pela desambiguação.
 - Maior cognitive load.

- Não há diferença entre (1) Unpred NP vs S. Pred NP e (2) Unpred VP vs S. Pred VP
- Surpresa sintática: oscilações nas bandas beta e gama.
 - O processamento das categorias depende disso.
- Modelos n-gram foram significativos, mas os eletrodos apenas parcialmente se sobrepõem aos da surpresa sintática, o que pode indicar processos diferentes.

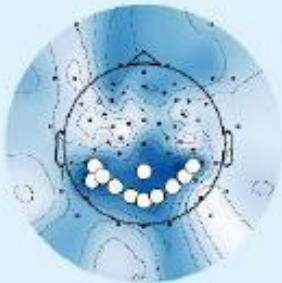
Surprisal

Syntactic



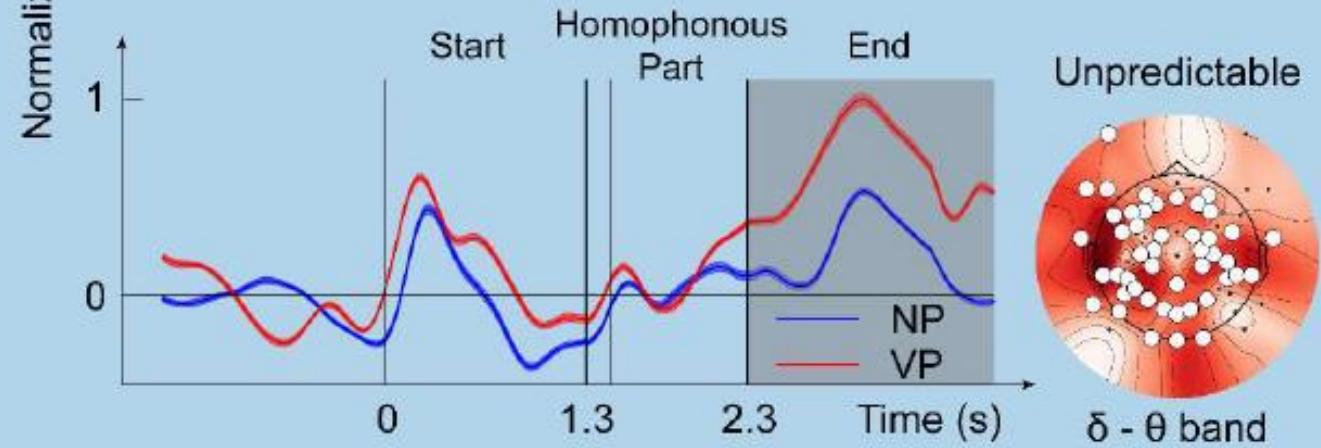
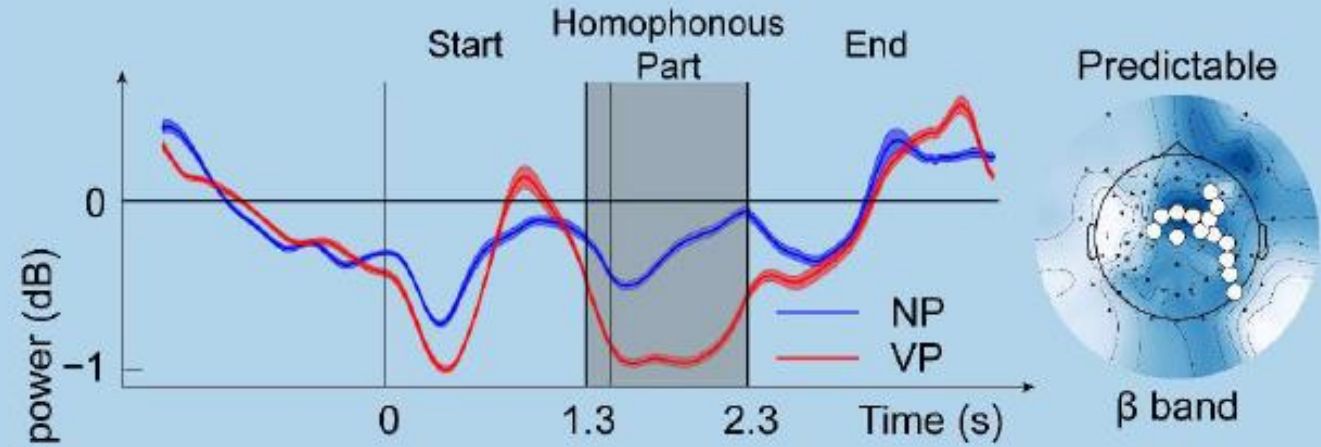
γ band

Lexical



δ band

Syntactic structure predictability



Processamento probabilístico (preditivo) e composição conceitual ao mesmo tempo?

with fMRI [39,59] and with MEG [59]. When different models of composition are compared with each other, models with some amount of bottom-up information fare better than fully top-down ones in accounting for activity in the LATL and surrounding regions [60]. This finding is broadly compatible with our results on minimal phrases, which also are bottom-up results in that they reflect activity on the second word of the phrase and not predictive activity on the first word. It has also been shown that models incor-






PYLKKÄNEN, Liina. Neural Basis of Basic Composition: what we have learned from the red-boat studies and their extensions.

Philosophical Transactions, v. 375, 2019. DOI:




<http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0299>.

- LATL: combinações com carga de sentido (referência) envolvida.
 - Red-boat
- Cometa et al. (2024) mostraram processamento preditivo, mas o input era diferente, não havia composição conceitual.
 - Verbo-clítico e artigo-nome

Abstract linguistic structure correlates with temporal activity during naturalistic comprehension

[Jonathan R. Brennan](#)^a  , [Edward P. Stabler](#)^b , [Sarah E. Van Wagenen](#)^b,
[Wen-Ming Luh](#)^c , [John T. Hale](#)^d 

Show more 

 Add to Mendeley  Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.04.008> 

Get right

Highlights

- We evaluate the role of hierarchical syntax in every-day language comprehension.
- We correlate word-by-word parsing predictions with fMRI data during passive listening.
- Surprisal from Markov models predictive in frontal and temporal ROIs.
- Surprisal from phrase-structure grammar predictive in temporal and parietal lobes.
- Minimalist Grammar node-count predictive only in left temporal lobes.

OBRIGADO!