

Cap. 7 – Estrutura e predição

*“LANGUAGE AND THE BRAIN: A SLIM
GUIDE TO NEUROLINGUISTICS”*

JONATHAN R. BRENNAN, 2022



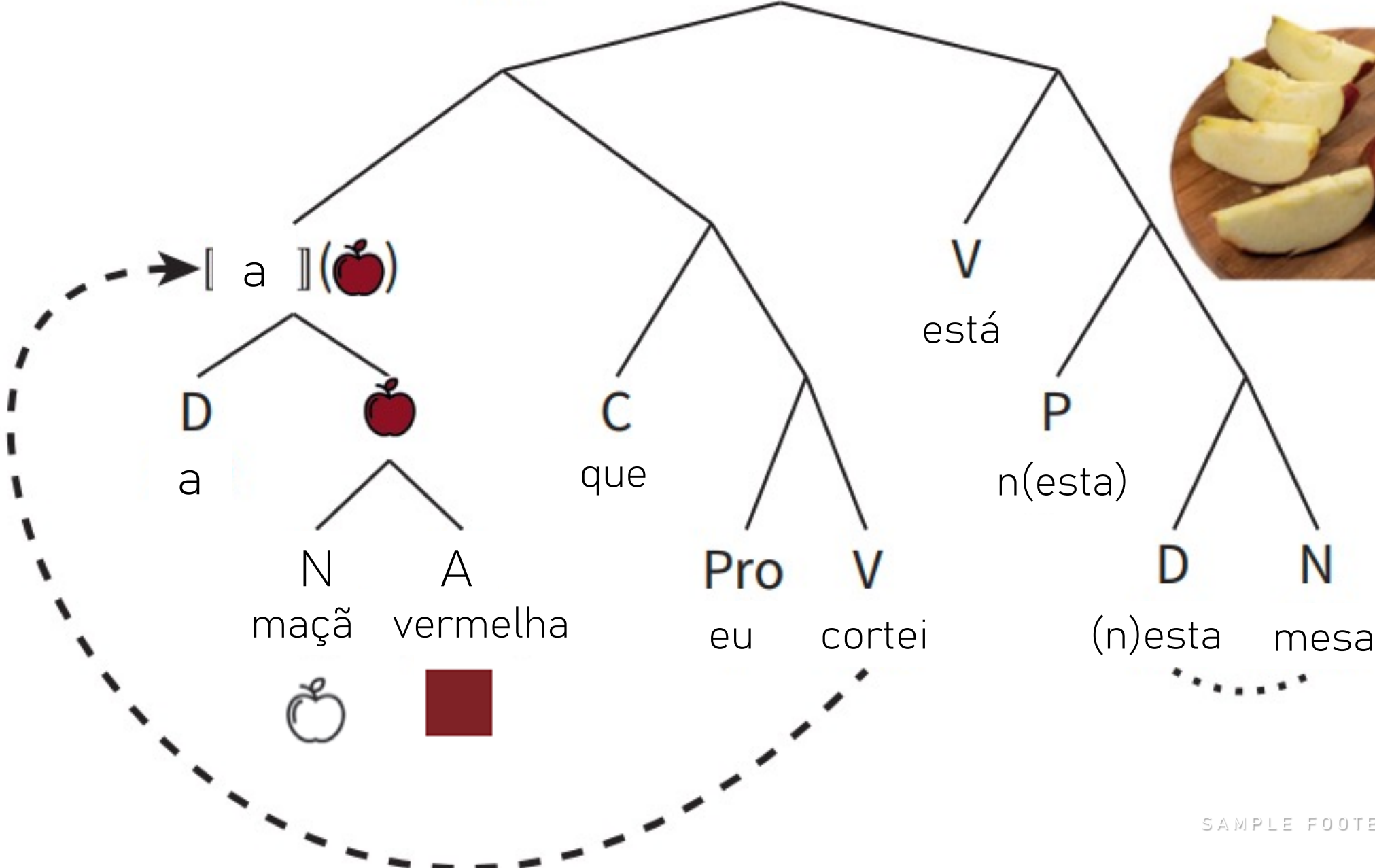
“A raposa”

- “A raposa que estava embaixo da cama está agora na cozinha”
- Brennan, com essa sentença, quer demonstrar nossa capacidade de compreender sentenças que nós, provavelmente, nunca escutamos antes, para chamar atenção para nossa capacidade de juntar significados de modo sistemático e baseado em regras.

Estrutura de sentenças

- Nessa seção, Brennan introduz conceitos relativos a estruturas sintáticas em um nível mais superficial, apenas com o necessário para compreendermos o que ele quer dizer por “estrutura”.
- O primeiro conceito que ele introduz é o de “constituência” ou “estrutura sintagmática”, que se refere à forma como as palavras se combinam de forma hierárquica, como no diagrama a seguir.

A maçã vermelha que eu cortei está nesta mesa.



Estrutura de sentenças – estrutura sintagmática

- O autor apresenta outros dois conceitos importantes relacionados a estrutura:
 - *Estrutura argumental*, referente a “quem fez o que a quem”
 - *Categoria sintática*, referente a categoria de cada palavra (“P”, “N” e “V”).

Estrutura de sentenças – dependências

- Outro conceito chave introduzido pelo autor é o de **dependências**.
- A dependência pode ser local ou de longa distância, como é o caso de [maçã vermelha] com o verbo [cortei], já que este verbo se encontra em uma oração relativa, não aparecendo imediatamente após o SN [maçã vermelha].
- Também relacionado com dependência, está o conceito de *concordância*.
 - Ex.: no caso do determinante [esta], se o nome estiver no plural (mesas), então o determinante precisa concordar com o no [estaS mesaS].

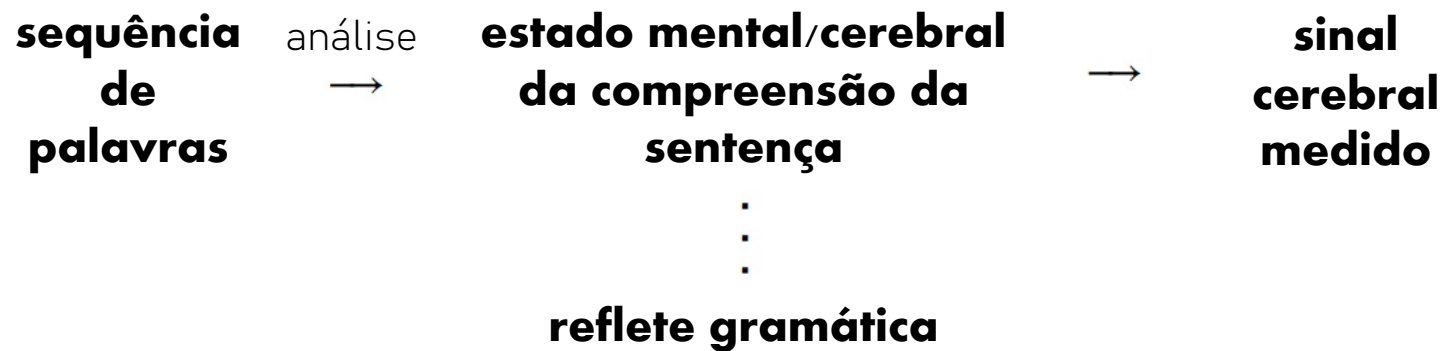
Estruturas de sentenças - composicionalidade

- O último conceito introduzido nesta seção é o de **composicionalidade**, exemplificado pelo sintagma [[maçã] vermelha] = [maçã vermelha]



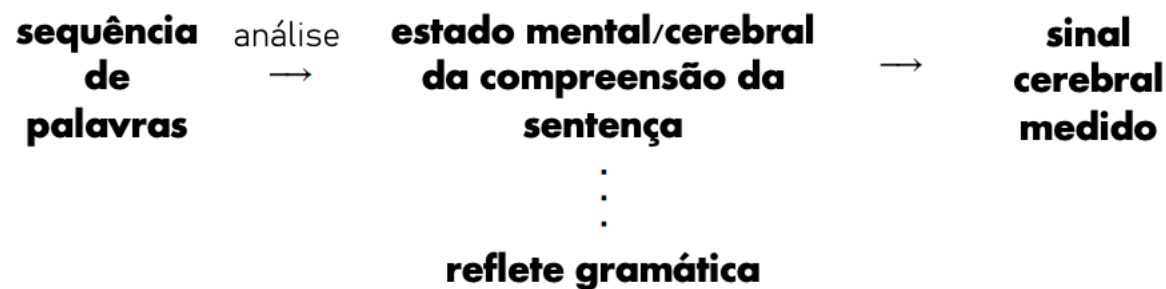
Estrutura de sentenças

- Brennan encerra a seção explicitando que tais estruturas tem origem no conhecimento linguístico dos usuários, suas *gramáticas*, que a função do cérebro é discernir dinamicamente a estrutura das sentenças e que, na compreensão, este processo se chama *análise/segmentação* ("parsing"). O autor apresenta o diagrama abaixo para ilustrar o processo de análise que fazemos:



Estrutura de sentenças

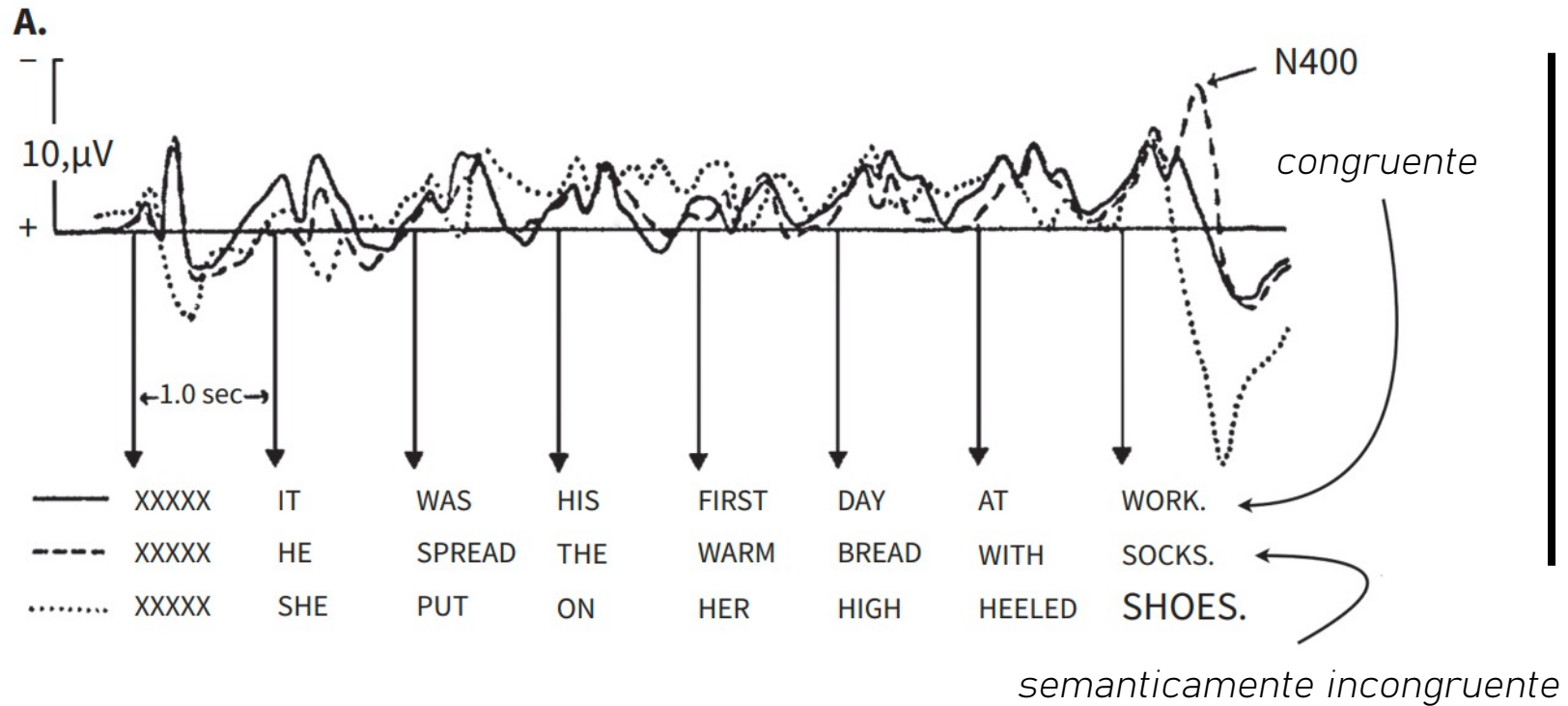
- Brennan chama atenção para o fato de que a relação entre a gramática e sinais cerebrais não é direta, dependendo de várias *funções conectivas*, que seriam as setas no diagrama.



- Por fim, o autor explica que o que fazemos é buscar no conhecimento gramatical armazenado em nossa memória o necessário para compreendermos sentenças. Mas, como na fala natural precisamos fazer isso muito rapidamente, o cérebro recorre a *predições* para ser eficiente.

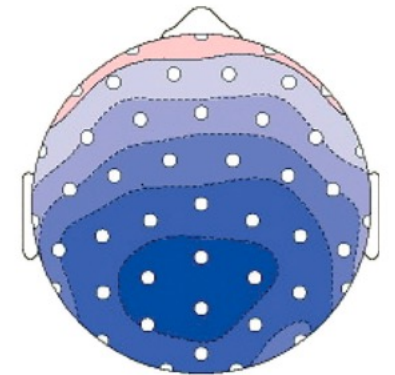
Os Ns e Ps de predições de sentenças

- Brennan demonstrará que predições exercem função em praticamente todo aspecto da forma que o cérebro faz sentido de sentenças.
- Ele introduz o componente N400, um potencial cerebral que ocorre aproximadamente aos 400ms em resposta a diferentes tipos de estímulos inesperados. Sua localização típica no escalpo (NÃO NO CÓRTEX) é mais forte na porção central posterior.
- O primeiro experimento de Kutas e Hillyard (1980) mostrou pioneiramente este componente em sentenças após o aparecimento de uma palavra inesperada.



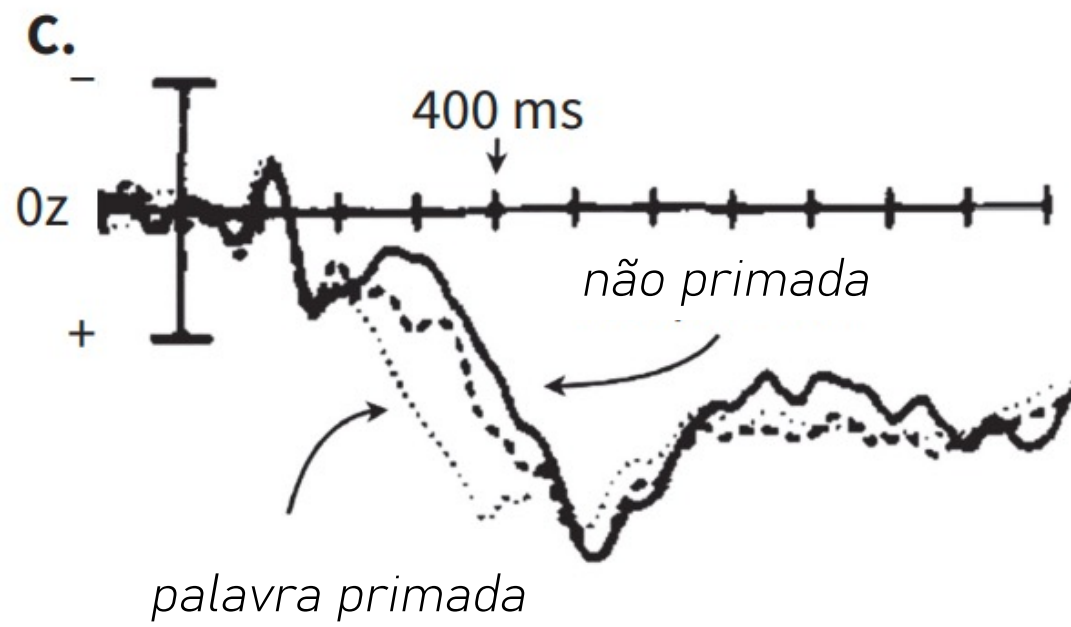
B.

Diferença entre semanticamente congruente e incongruente aos 300 até 500 milissegundos



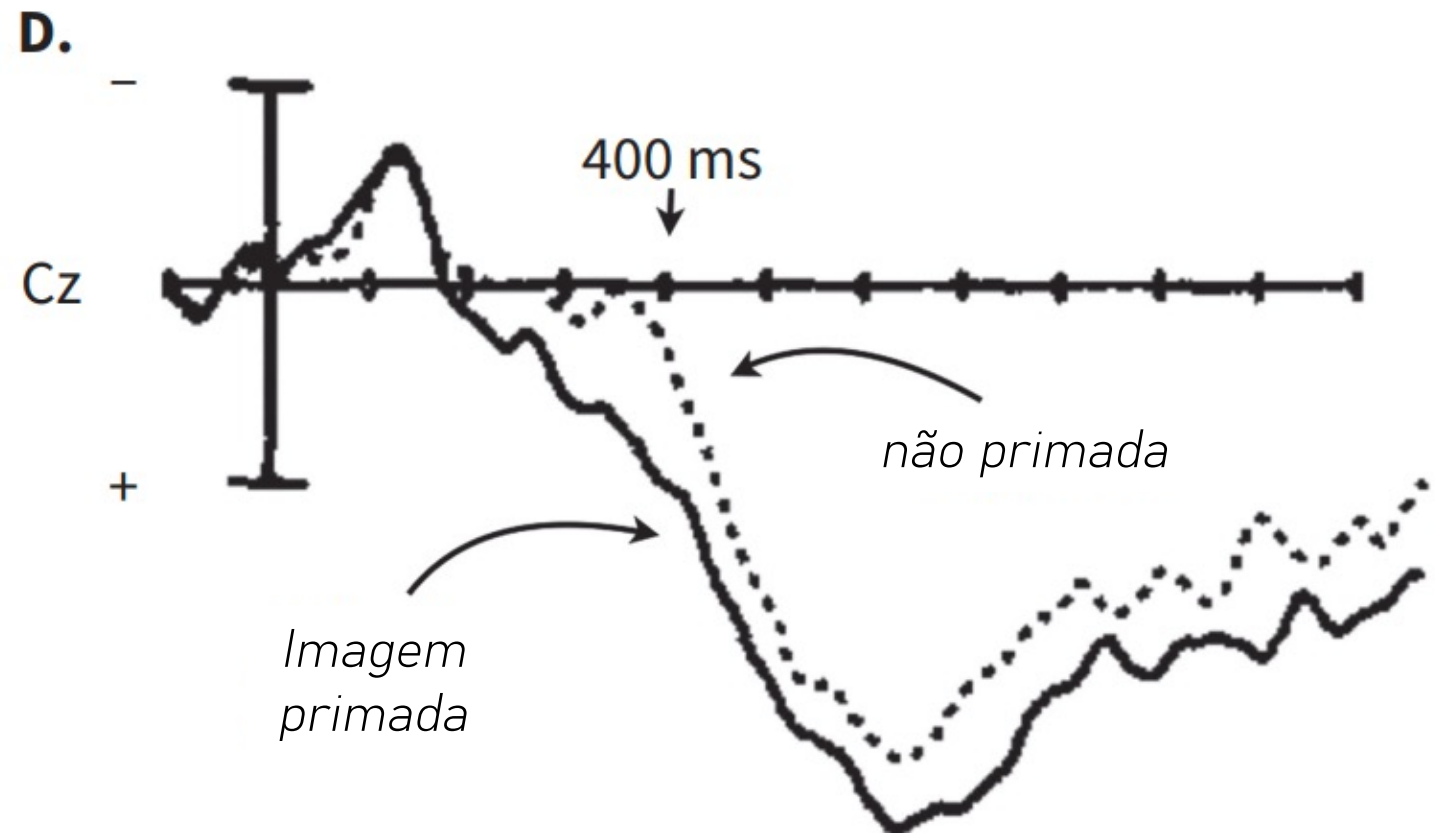
Os Ns e Ps de predições de sentenças – N400

- No entanto, o autor chama atenção para o fato de que o N400 pode ser elicitado tanto na apresentação de palavras *isoladas*...



Os Ns e Ps de predições de sentenças – N400

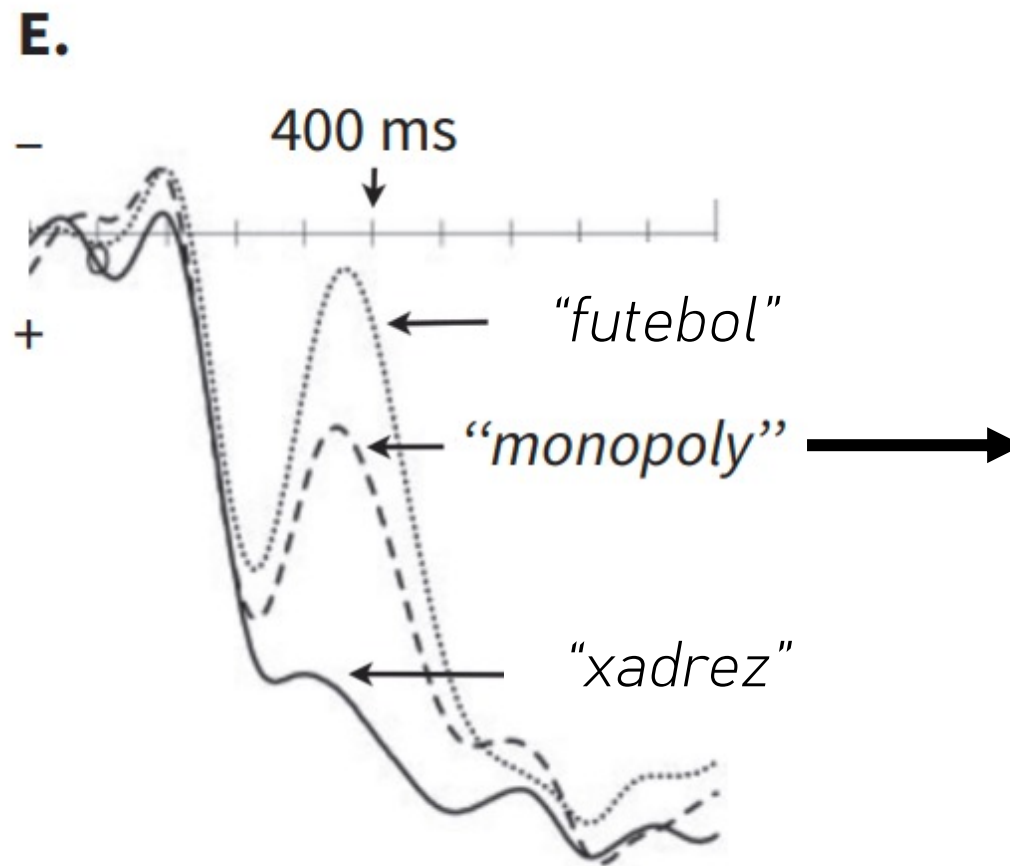
- ... quanto por estímulos não-linguísticos.



Os Ns e Ps de predições de sentenças – N400

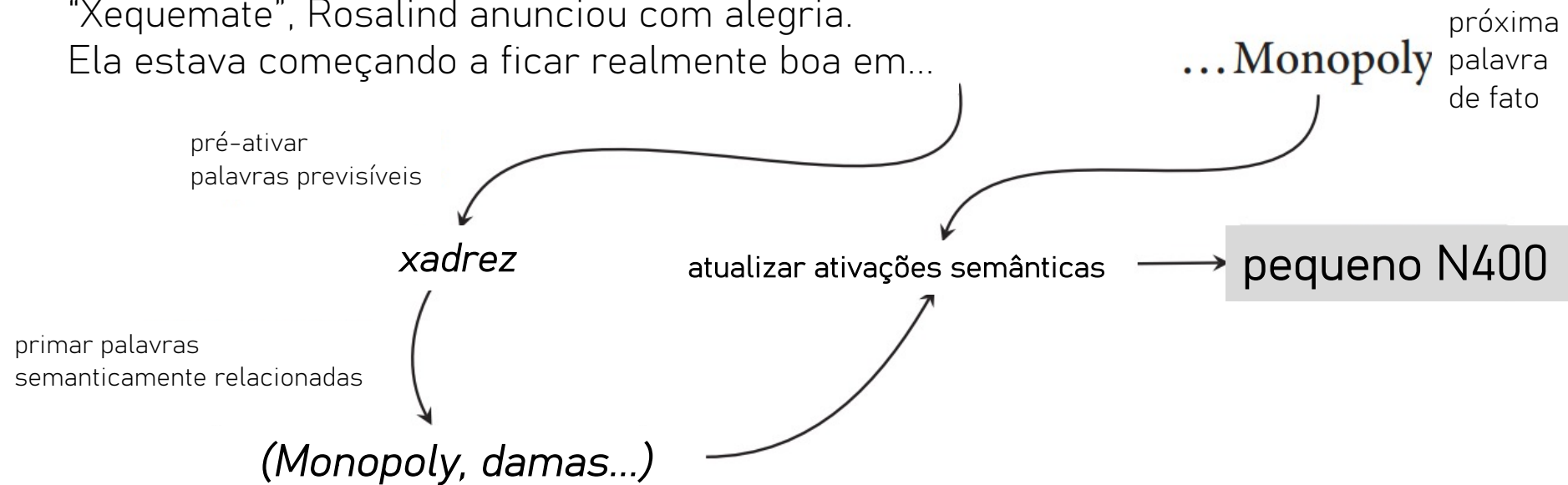
- Tais resultados levam à *teoria da memória semântica* do N400, segundo a qual tal resposta cerebral reflete processos de ativação de significado na memória semântica.
- A teoria recebe apoio de estudos em que o N400 é reduzido por palavras completamente inesperadas, desde que sejam semanticamente relacionados aos items previstos. Um estudo de Federmeir e Kutas (1999) mostra que, conforme o significado de sentenças é construído incrementalmente durante a compreensão, palavras previstas são *pré-ativadas* na memória semântica.

“Xequemate”, Rosalind anunciou com alegria.
Ela estava começando a ficar realmente boa em...



Federmeier e Kutas (1999)

"Xequemate", Rosalind anunciou com alegria.
Ela estava começando a ficar realmente boa em...



Os Ns e Ps de predições de sentenças

- Uma teoria alternativa conecta, segundo o autor, o N400 mais diretamente a computação do significado de sentenças.
- *Teoria da integração semântica* do N400: resposta neuronal reflete a plausibilidade do significado que resulta quando uma nova palavra é integrada ao contexto anterior.
- Esta teoria é ilustrada pelo diagrama a seguir:

“Xeque mate”, Rosalind anunciou com alegria.
Ela estava começando a ficar realmente boa em...

...**Monopoly**

próxima
palavra
de fato

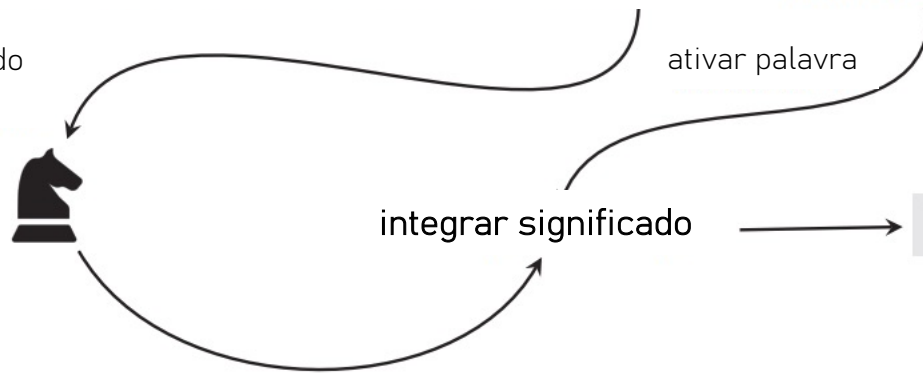
gerar significado
para contexto



ativar palavra

integrar significado

N400



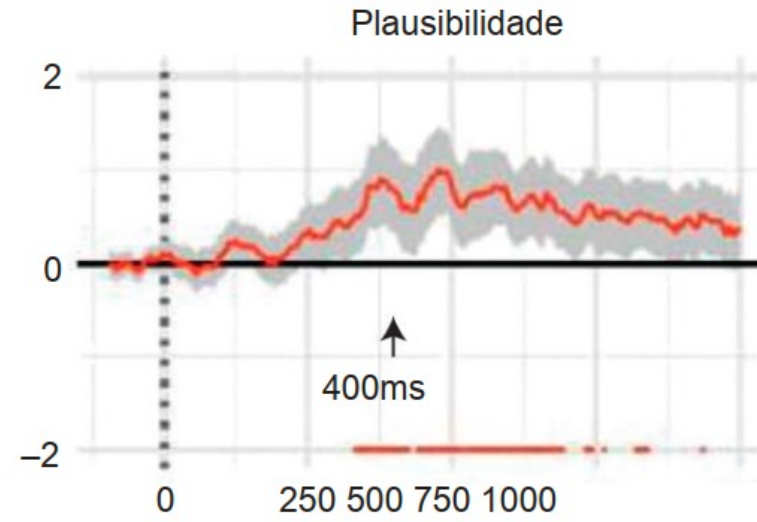
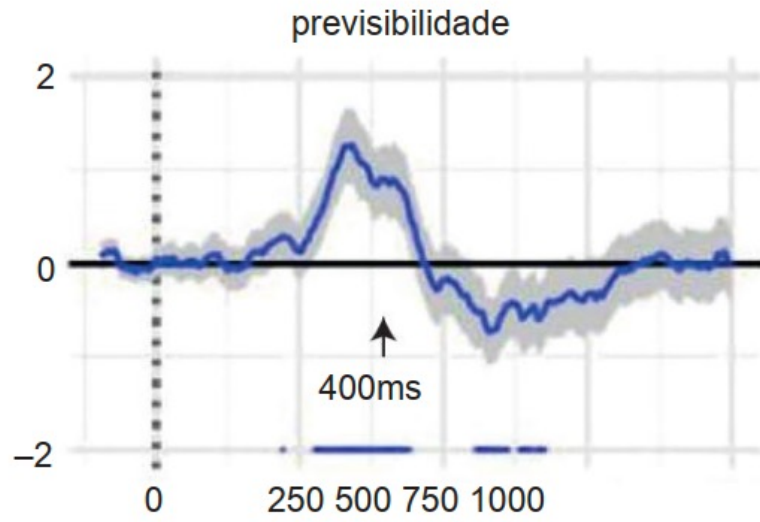
Os Ns e Ps de predições de sentenças

- A teoria de integração associa o N400 ao processo composicional de sentenças, ao passo que a teoria da memória semântica associa à ativação de significado de palavras individuais. Mas o autor aponta para o fato de que dados atuais indicam que ambas as teorias “podem estar, em parte, corretas”.
- Brennan cita um estudo (Nieuwland *et al.*, 2019) baseado na distinção de efeitos de previsibilidade e plausibilidade, efeitos que podem parecer semelhantes, mas possuem diferenças, já que uma sentença julgada plausível pode ser inesperada (“Lisa bebeu um copo de ... suco de goiaba”).

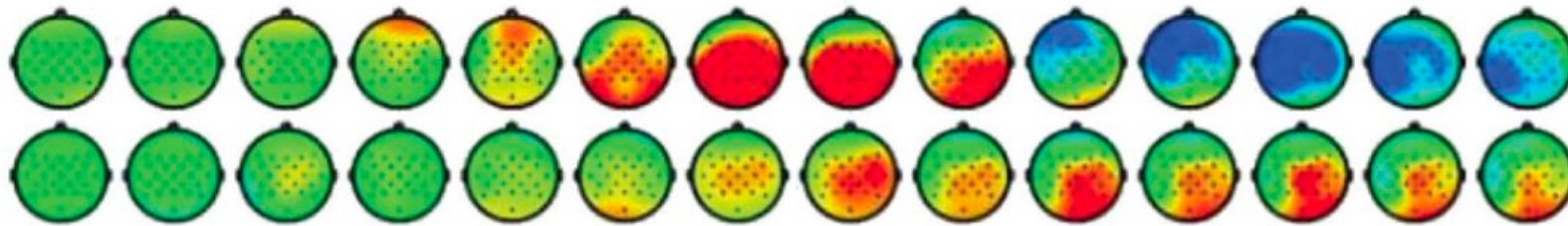
Os Ns e Ps de predições de sentenças

- Os dados de Nieuwland *et al.*, 2019 identificaram uma negatividade menor para palavras previsíveis que para palavras não-previsíveis.
- O mesmo foi identificado no caso de palavras plausíveis comparadas com não-plausíveis, mas o efeito foi um pouco mais tardio (em torno de 500ms) e também foi medido em uma área menor da área posterior do escalpo.
- Estes resultados indicam a previsibilidade como principal motor do N400 (consistente com a teoria da memória semântica), mas que a plausibilidade também tem efeito (consistente com a teoria da integração semântica).

A.



previsibilidade



Plausibilidade

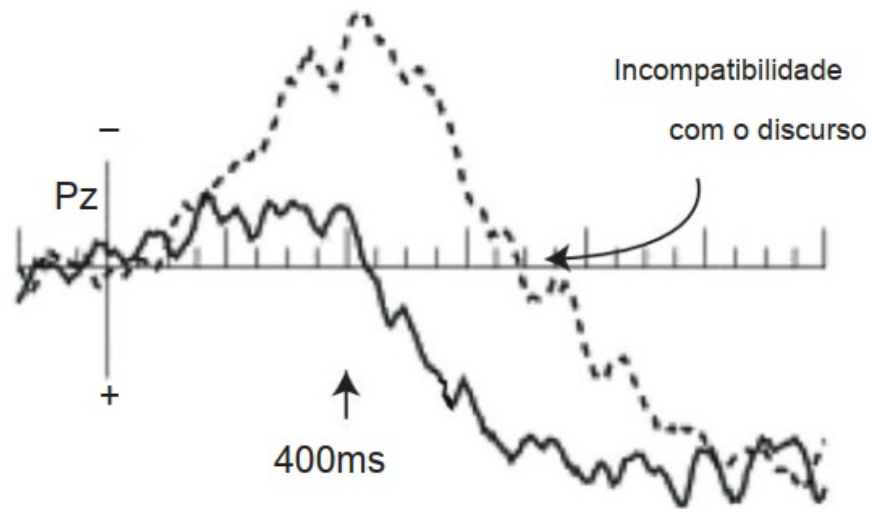
Os Ns e Ps de predições de sentenças

- Brennan prossegue demonstrando que o cérebro usa diversas fontes de informação para fazer predições ao citar trabalhos que envolvem mais que sentenças isoladas.
- O trabalho de Van Berkum et al (2003) testou contexto discursivo (exemplo abaixo). As palavras-alvo que completam a última sentença de um texto mais longo seriam igualmente previsíveis e plausíveis no contexto apenas da sentença (“rápido”, “devagar”), mas apenas uma se encaixa com o contexto discursivo (“rápido”)

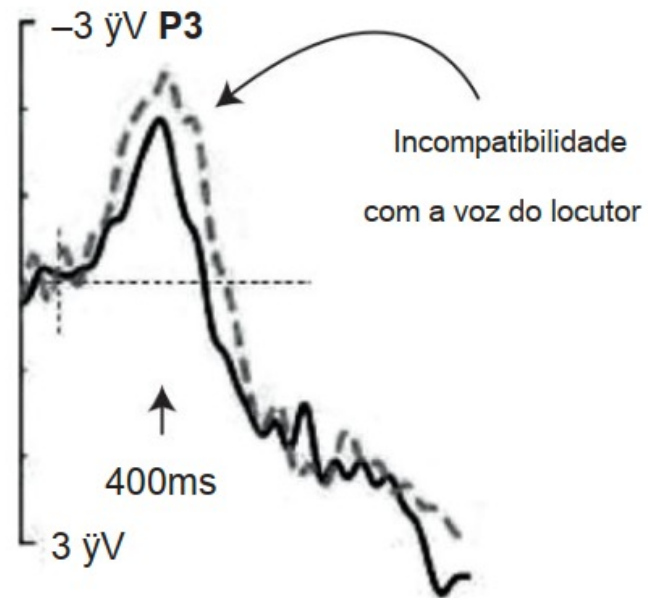
Conforme combinado, Jane deveria acordar sua irmã e seu irmão às cinco horas da manhã. Mas a irmã já tinha tomado banho e o irmão tinha até se vestido. Jane disse ao irmão que ele era excepcionalmente {rápido, lento}.



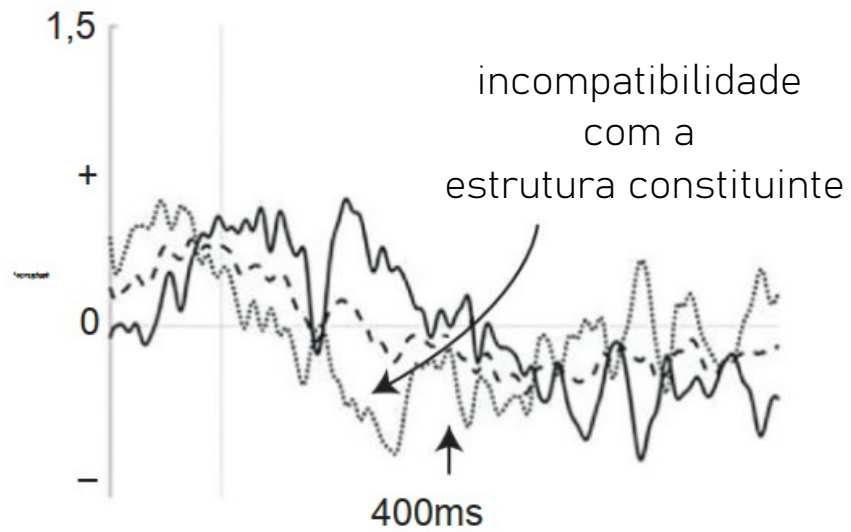
B.



C.



D.



Os Ns e Ps de predições de sentenças

- Em um outro estudo de 2008, Van Berkum demonstrou que *quem* fala também provê informações valiosas sobre *o que* será dito, o que afeta as predições e o N400.

Falante masculino ou feminino

“Quem me dera me parecer com a Britney Spears no seu último vídeo”

Falante criança ou adulto

“Toda noite eu bebo um pouco de vinho antes de dormir.”

Os Ns e Ps de predições de sentenças

- Para testar a importância de estruturas hierárquicas abstratas, Brennan cita um teste de Brennan e Hale (2019) em que o livro da Alice no País das Maravilhas era escutado por participantes, como forma de dar estímulos mais naturalísticos. Eles identificaram aumento de negatividade para palavras imprevisíveis, mas apenas quando em sentenças, sem que houvesse efeito apenas em sequências de palavras.

Os Ns e Ps de predições de sentenças

- Para além das questões abordadas anteriormente, que indicam o uso de muitas fontes na compreensão de sentenças, questiona-se quão rapidamente essas fontes de informação são combinadas e usadas para predições. Esta linha de pesquisa, segundo Brennan, é ilustrada por um estudo de Chow (2016) em que havia reversão de papéis semânticos. No entanto, não houve N400 onde era esperado, apenas quando um outro tipo de mudança era feito (cliente trocado com “dono do restaurante”).

(4) *Normal semantic roles*

The restaurant owner forgot which customer_{patient} the waitress_{agent} had served during dinner yesterday.

Reversed semantic roles

The restaurant owner forgot which waitress_{patient} the customer_{agent} had served during dinner yesterday.



O dono do restaurante esqueceu qual garçonele o cliente tinha...

...servido

pegar próxima palavra

pré-ativar palavras

(servir, pagar, reclamar...)

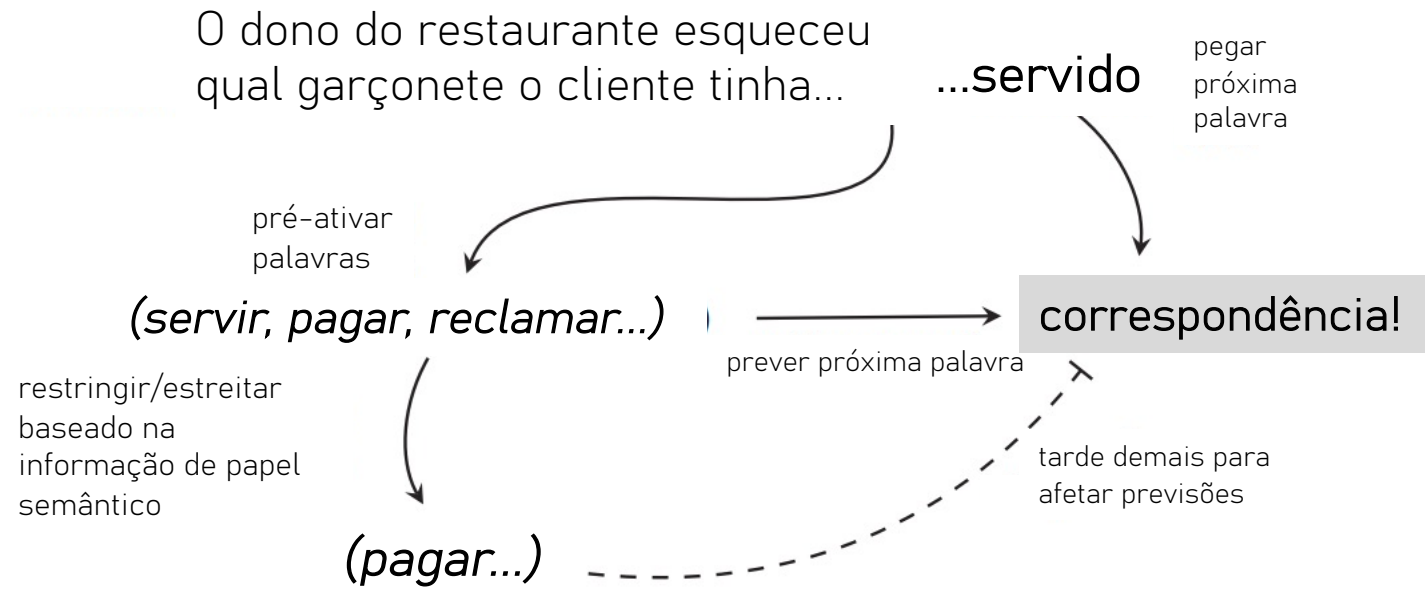
correspondência!

prever próxima palavra

restringir/estritar baseado na informação de papel semântico

(pagar...)

tarde demais para afetar previsões



Os Ns e Ps de predições de sentenças

- Estudo do japonês: décimos de segundo fazem diferença na predição. Uma distância de tempo maior (1.2 seg.) entre substantivo e verbo é necessária para que haja N400 (não houve quando a distância era de 0.8 seg).

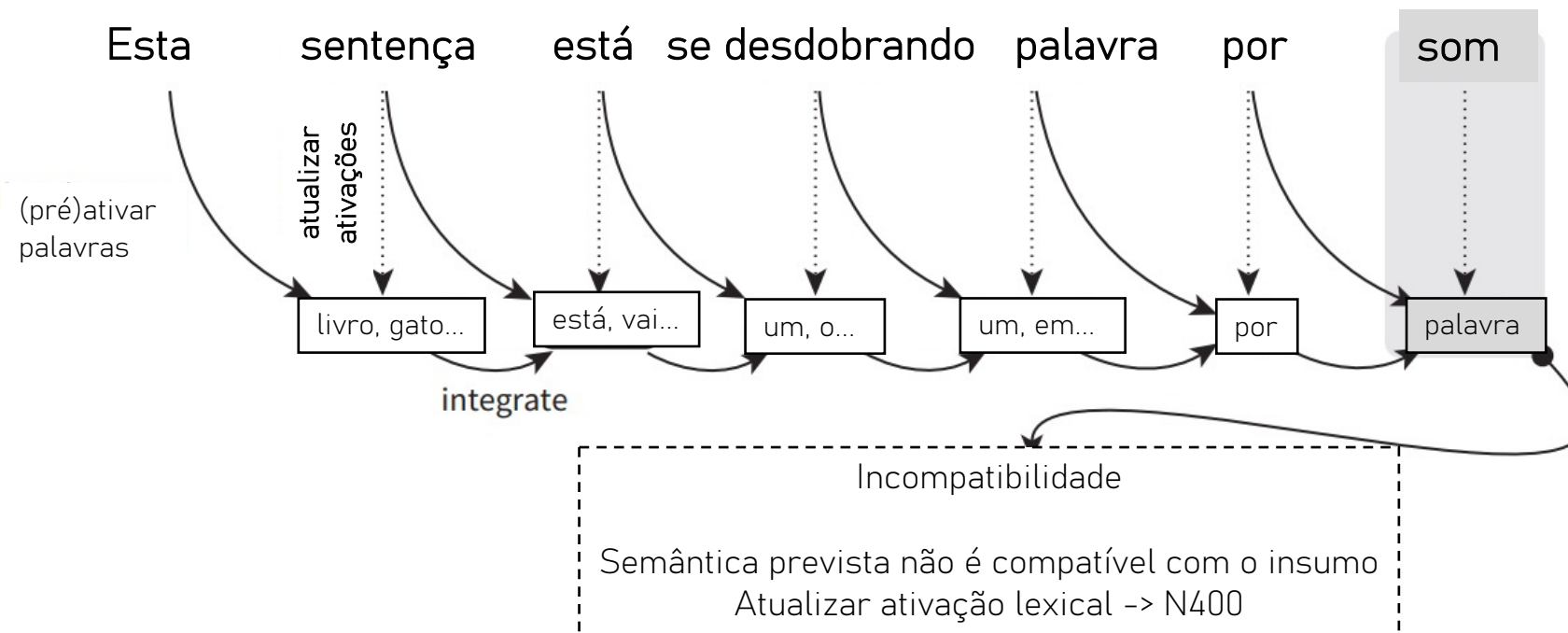
(5) *Normal semantic role*

bee_{agent} sting “The bee stings (something)”

Reversed semantic role

bee_{patient} sting “(Something) stings the bee”

Basicamente, três processos: pré-ativar, atualizar e integrar



Os Ns e Ps

- Nós também somos capazes de fazer predições quanto à representações sintáticas.
- P600.

(6) *Ungrammatical*

The scientist criticized Lucy's of proof the theorem.

Grammatical

The scientist criticized Lucy's proof of the theorem.

Gouvea et al (2010)

(7) *Ungrammatical*

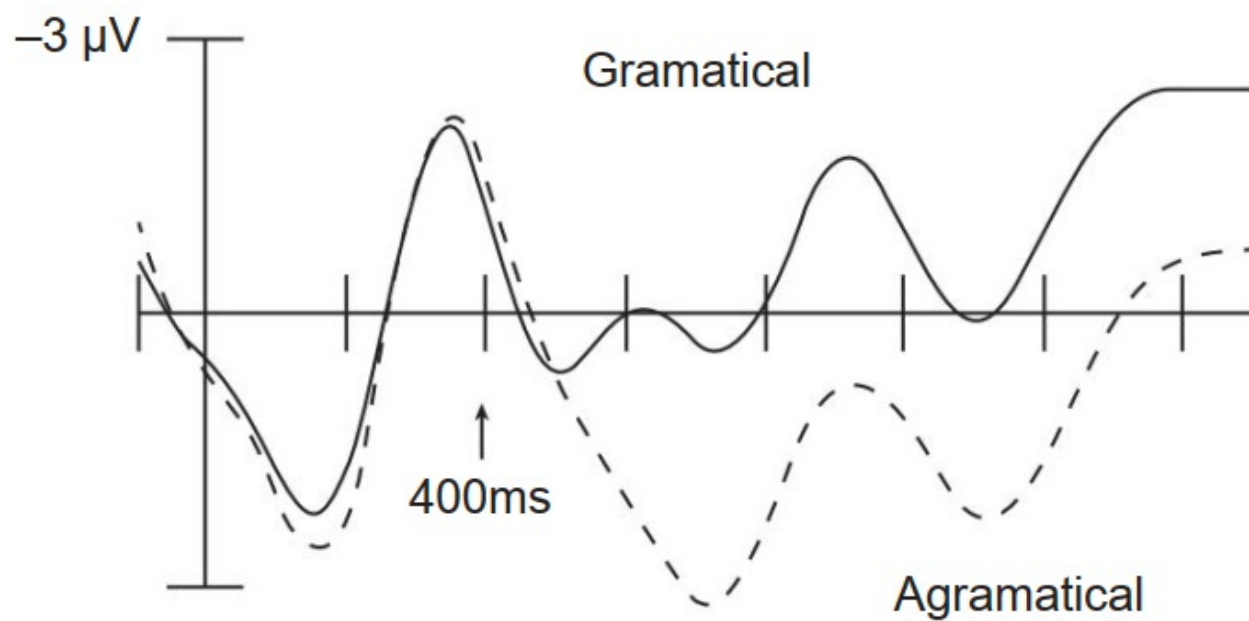
The patient met the doctor while the nurse with the white dress
show the chart during the meeting.

Grammatical

The patient met the doctor while the nurse with the white dress
showed the chart during the meeting.

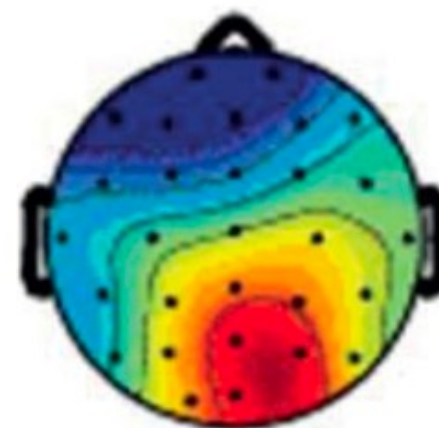


A.



B.

Diferença entre gramatical e não gramatical em 700 a 900 milissegundos



P600 – estruturas gramaticais, mas incomuns

- Osterhout e Holcomb (1992)

(8) *More common syntax*

The singer decided to perform the opera.

Less common syntax

The singer allowed to record the song.

No entanto...

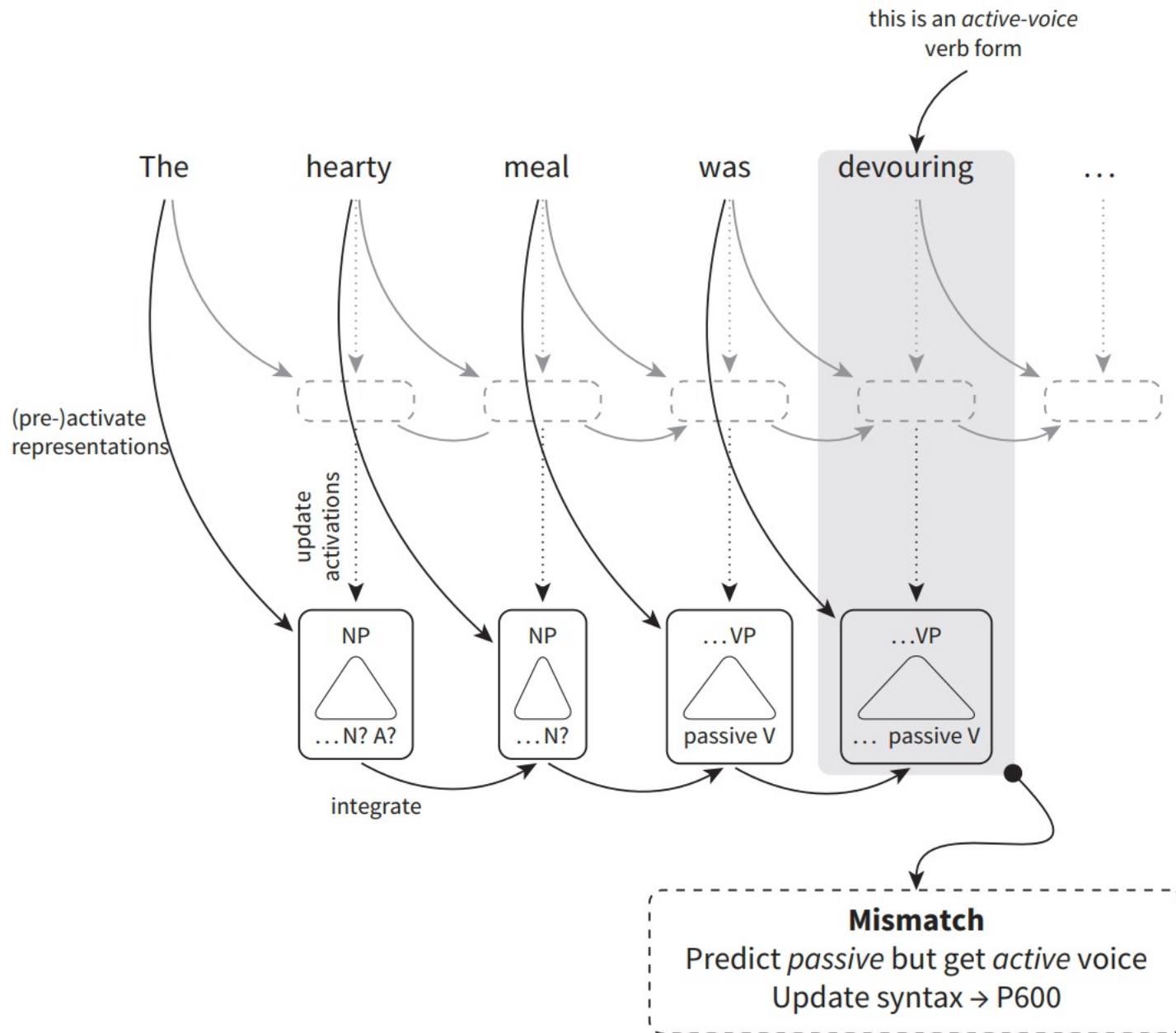
- Há muito debate sobre o que está acontecendo no cérebro para quando ele gera o P600.
- O efeito semântico do P600 em estímulos como no diagrama a seguir se explicam por conta da necessidade de uma reanálise sintática, já que o SN leva à predição de uma estrutura de voz passiva.

(9) The hearty meal was devoured...

The hearty meal was devouring...

Semantic match

Semantic mismatch



Previsões dinâmicas

- Estudo de fMRI: previsibilidade de diferentes representações

$$(10) \quad \begin{array}{l} \Pr(\text{phoneme}_p \mid \text{phoneme}_{p-1}, \text{phoneme}_{p-2} \dots) \\ \Pr(\text{word}_w \mid \text{word}_{w-1}, \text{word}_{w-2} \dots) \\ \Pr(\text{category}_c \mid \text{category}_{c-1}, \text{category}_{c-2} \dots) \end{array}$$

- Categoria sintática inesperada: ativação de áreas anteriores e posteriores do lobo temporal esquerdo.
- Itens lexicais inesperados: área que cobre o meio do lobo temporal, imediatamente posterior ao córtex auditivo primário.

Previsões dinâmicas: “vai-e-volta”

- Estudo de Klimovich-Gray e Marslen-Wilson (2019): efeitos de predição de contexto linguístico e informações “baixo-cima” (de baixo para cima, “*bottom up*”).
- [yellow [[banana]]] (amarela, banana, “banana amarela”)
- 1- [yello...]
- 2- [b...]
- 3- [yellow + banana]

