

LAGE, A.; CAGY, M. A neurofisiologia de expressões idiomáticas no português brasileiro. *ReVEL*, v. 23, n. 44, 2025. [www.revel.inf.br].

## A neurofisiologia de expressões idiomáticas no português brasileiro

Aleria Lage<sup>1</sup>

Mauricio Cagy<sup>2</sup>

[alerialage@letras.ufrj.br](mailto:alerialage@letras.ufrj.br)

[mcagy@peb.ufrj.br](mailto:mcagy@peb.ufrj.br)

**RESUMO:** As expressões idiomáticas são fenômenos fascinantes que entrelaçam sintaxe, semântica e pragmática. Este estudo investiga o processamento neurocognitivo de expressões idiomáticas no português brasileiro por meio de experimentos de EEG com ERPs (potenciais relacionados a eventos). Com base na Morfologia Distribuída, se analisa se a idiomaticidade emerge de *templates* sintáticos específicos ou como resultado da inserção lexical tardia. Foram testados sintagmas verbais (vPs) idiomáticos e não idiomáticos para explorar a interação entre os significados composicionais e idiomáticos. Os resultados revelaram assinaturas ERP distintas, incluindo amplitudes elevadas de N400 para vPs idiomáticos, refletindo maior esforço cognitivo devido à competição semântica. Ademais, os achados corroboram um processo de derivação sintática *bottom-up*, no qual a concatenação dos argumentos interno e externo ocorre em fases distintas. Esta pesquisa amplia a compreensão sobre como a idiomaticidade interage com a arquitetura formal da gramática e lança luz sobre padrões universais no processamento de expressões idiomáticas entre línguas.

**PALAVRAS-CHAVE:** EEG-ERP; expressões idiomáticas; Morfologia Distribuída (MD); composicionalidade

**ABSTRACT:** Idiomatic expressions are fascinating phenomena that intertwine syntax, semantics, and pragmatics. This study investigates the neurocognitive processing of idiomatic expressions in Brazilian Portuguese through EEG-based ERP (event-related brain potentials) experiments. Grounded in Distributed Morphology, it examines whether idiomatity emerges from specific syntactic templates or as a byproduct of late lexical insertion. We tested idiomatic and non-idiomatic verb phrases (vPs) to explore the interplay between compositional and idiomatic meanings. Results revealed distinct ERP signatures, including elevated N400 amplitudes for idiomatic vPs, reflecting heightened cognitive effort due to semantic competition. Furthermore, the findings support a bottom-up syntactic derivation process, wherein the concatenation of the internal and external arguments occurs in distinct phases. This research advances our understanding of how idiomatity interacts with formal grammar architecture and sheds light on universal patterns of idiom processing across languages.

**KEYWORDS:** EEG-ERP; idiomatic expressions/idioms; Distributed Morphology (DM); compositionality

---

<sup>1</sup> Professora Associada do Departamento de Linguística e Filologia da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) e do Programa de Pós-Graduação em Linguística da UFRJ. É coordenadora do Laboratório de Derivação Sintática: Neurociência da Linguagem e Psicolinguística (LADS), aplicando metodologia experimental para temas de Sintaxe Formal.

<sup>2</sup> Professor Associado do Programa de Engenharia Biomédica (PEB) da COPPE (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia) da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro). Sua atuação tem ênfase em Processamento de Sinais Biológicos e Imagens Médicas, principalmente nos seguintes temas: potenciais evocados e relacionados a eventos, desenvolvimento de interfaces de integração sensorio-motora e classificadores com base em imagens médicas.

## 1. Introdução

As expressões idiomáticas são consideradas um fenômeno semântico de bastante interesse para a pesquisa linguística. Por um lado, veiculam uma estrutura fixa e simples que pode ser pareada com uma situação eventivamente complexa. Com *Chutei o balde!* por exemplo, o falante veicula ter sido exposto a uma situação quase sempre adversa e externa a ele, por tempo demais, a ponto de o fazer desistir, sem se importar com o desengajamento que gera uma consequência positiva. O falante poderia estar se referindo ao fato de que resolveu finalmente deixar um emprego em que era maltratado por um chefe, tendo a certeza de que uma posição melhor virá. Essa expressão é sutilmente diferente de *Entreguei os pontos*, em que o falante também desiste, mas veicula ter sido exposto a uma situação adversa geralmente interna a ele e por tempo demais, a ponto de não mais se importar com as consequências em prol de um desengajamento que aqui tem uma consequência negativa: por exemplo, deixar de se tratar de uma doença incurável e aceitar o fim.

O interessante é que, embora não haja a sensação explícita de que é necessário pensar no evento de chutar um balde com água, ele implica uma ação desastrada de deixar molhado o ambiente e alguém só a pratica se for para se aliviar de algum sentimento represado, uma exasperação. Por outro lado, o processamento de *Chutei alguma coisa* toma seu curso regular até que chega *o balde* e então o significado fixo de *desistir* aparece. No ponto do processamento de *Chutei...* poderia bem ser *Chutei o banco*, que seria mais composicional.

Por outro lado, se as expressões idiomáticas são ricas semântica e pragmaticamente, são ainda mais instigantes do ponto de vista morfossintático, especialmente sob o viés de teorias construcionistas que enfatizam a decomposição total dos itens lexicais em traços morfossintáticos e estruturas hierárquicas. Partindo-se de *merges* mais diminutos, em que nível se dá a idiomaticidade? Por exemplo, na Morfologia Distribuída, uma das versões não lexicalistas da Gramática Gerativa, que vem se desenvolvendo desde Halle e Marantz (1993, 1994), postula-se que os itens lexicais não estão completamente formados no nível sintático, mas resultam de um processo de inserção tardia, no qual formas fonológicas são mapeadas em estruturas morfossintáticas abstratas. Isso levanta questões cruciais para o estudo das expressões idiomáticas: Como os significados não composicionais emergem de estruturas composicionais? Quais restrições morfossintáticas ou fonológicas governam a

variabilidade — ou rigidez — das expressões idiomáticas no português brasileiro (PB)? E em que medida as expressões idiomáticas podem ser analisadas como derivadas dos mesmos princípios estruturais que regem a morfossintaxe?

Este artigo busca responder algumas dessas questões ao analisar expressões idiomáticas do PB testadas através de um instrumental neurofisiológico denominado extração de potenciais bioelétricos relacionados a eventos linguísticos (EEG-ERP – *event-related brain potentials*). O experimento com ERP comparou sentenças idiomáticas com não idiomáticas, a fim colaborar para o esclarecimento se as expressões idiomáticas representam casos de inserção de raízes restringidos por *templates* estruturais específicos, que se apresentam em um segundo *parse*, permitindo reconciliar seu comportamento sintático com suas peculiaridades semânticas, com seu tempo de resposta bioelétrica (latência) e com o nível de investimento cognitivo da tarefa (amplitude da onda), relacionando com sentenças que mantêm um sentido mais literal ou *default*.

Ao focar nas expressões idiomáticas do PB, buscamos contribuir para uma compreensão mais ampla de como a idiomaticidade interage com a arquitetura formal da gramática, lançando luz sobre as dimensões universais na produção e processamento de expressões idiomáticas.

## **2. Fundamentos teóricos**

### **2.1. Programa Minimalista**

Para o Programa Minimalista (Chomsky, 1993-atual), que é o pano de fundo da Morfologia Distribuída, teoria que estamos adotando, na produção ou compreensão de sentenças, Itens Lexicais (IL), palavras, são retirados do Léxico, a partir do ato de selecionar. A abordagem minimalista propõe que a derivação, ou o processo pelo qual as sentenças são geradas, deve ser o mais eficiente possível. Os IL enfeixam traços sintáticos (formais), fonológicos e semânticos, que são colocados na Numeração, um recipiente da memória de trabalho para a linguagem. Dali são retirados um a um e colocados na Derivação Sintática, dando início então às operações sintáticas, a partir da principal delas: *merge* (concatenação, junção). A sintaxe constrói a estrutura por meio da aplicação recursiva de *merge*.

O *first merge* é a concatenação do *núcleo V* (raiz do verbo) com o argumento interno – se houver. O *second merge*, a exemplo de um verbo transitivo direto, é concatenação do *V'* com o argumento externo, que fica em [Spec, VP].

A Derivação Sintática, que implica a computação, mobiliza os traços sintáticos dos itens lexicais e vai construindo a estrutura, a partir de *merge* e no sentido *bottom-up* (de baixo para cima), até se formar toda a estrutura sintática da sentença, e se ter acesso à sua interpretação semântica, respeitando-se as fases sintáticas: vP e CP.

O menor elemento a partir do qual *merge* opera é um átomo sintático. Como na tradição lexicalista da Gramática Gerativa o átomo é a palavra, esta teoria terá pouco a dizer sobre os traços. Por exemplo, como Piattelli-Palmarini (2010) argumenta, se itens lexicais são definidos como pares forma-significado que podem sofrer a operação de *merge*, então não poderia haver itens lexicais sem sintaxe porque as palavras são entidades totalmente sintáticas.

Enfim, no Minimalismo, ao final da derivação, através da operação *Spell Out*, ou *stripping of traces* (desnudar de traços), os traços fonológicos se encaminham para o componente *Forma Fonológica* (FF) e os traços semânticos para o componente *Forma Lógica* (FL). A interface *Articulatório-Perceptual* (A-P) lê os traços da FF, e a *interface Conceitual-Intencional* (C-I) interpreta os traços da FL. Os traços passam então pelo crivo das interfaces. Se as exigências de leitura fonológica pela interface A-P e as de interpretação semântica pela interface C-I forem satisfeitas, a derivação converge; caso contrário, ela esboroa.

Mas se note que, para os estudos das expressões idiomáticas, o processamento lexicalista como o adotado pelo Minimalismo esbarra em alguns problemas. Isso porque as expressões idiomáticas apresentam dificuldades para diferentes estruturas sintáticas, porque elas se comportam em alguns sentidos como itens lexicais, mas em outros sentidos como frases sintaticamente complexas. Em particular, a dificuldade reside em elas terem aparentemente flexibilidade sintática limitada em relação a frases não idiomáticas.

Assim, uma crítica frequente ao tratamento das expressões idiomáticas no contexto minimalista seria que o modelo não lida bem com as propriedades mais complexas e idiossincráticas dessas expressões (Egan, 2004). No Minimalismo, a ideia central é que a linguagem pode ser explicada por princípios gerais e universais de gramática que operam em estruturas sintáticas, mas expressões idiomáticas frequentemente desafiam essa abordagem devido à sua natureza semântica e sintática

não composicional. Ou seja, as expressões idiomáticas não seguem a regra de que o significado de uma expressão é simplesmente derivado das palavras individuais que a compõem, o que torna difícil capturá-las dentro de um sistema que busca explicações universais e composicionais.

Já com uma versão não lexicalista da Gramática Gerativa, isto é, o modelo da Morfologia Distribuída, por outro lado, se pode pensar em uma explicação mais robusta ao se tratar das expressões idiomáticas. A Morfologia Distribuída, como proposta por Morris Halle e Alec Marantz (1993), argumenta que a morfologia não é uma parte separada e modular do sistema linguístico, como quereria o Minimalismo, mas que o processo de formação de palavras ocorre em toda a estrutura sintática, a partir de uma interação entre morfemas e elementos sintáticos. Esse ponto de vista parece que será mais adequado, como veremos a seguir, para entender as expressões idiomáticas, pois muitas delas envolvem transformações morfológicas complexas ou processos de formação de palavras que não podem ser explicados sem uma consideração detalhada da morfologia.

## 2.2. Morfologia Distribuída

Os estudos em Morfologia Distribuída – MD (*Distributed Morphology* – DM) hoje já bem difundidos como uma das vertentes teóricas não lexicalistas da Gramática Gerativa, tratam da computação dentro das palavras. Essa abordagem teve início na década de 90 do século passado (Halle, Marantz, 1993, 1994; Marantz, 1996, 1997; Harley, Noyer, 1998; Marantz, 2001, 2013a, 2013b), com o propósito de se analisarem as não correspondências entre fonologia, sintaxe e semântica da palavra, bastante encontradas nas línguas. Se pensarmos, por exemplo, em *conversão* e *converter*, não podemos dizer apenas que há o acréscimo do fonema [t] entre a raiz e o sufixo, resultando em uma modificação fonológica na raiz ao longo do processo de formação de palavras. Isso explicaria o resultado de *converter*, porém não explicaria nem descreveria teoricamente o processo computacional que as mantém como relacionadas em nossa mente/cérebro.

Os dois termos têm uma origem etimológica no latim: *convertere*, verbo significando *virar, transformar*; e *conversio, conversionis*, substantivo significando *ato de transformar, mudança*. Mas, apesar de podermos olhar diacronicamente, uma explicação deste tipo também não teria uma adequação explicativa teoricamente, pois

ela não pertence ao conhecimento do falante. Assim a alternância entre /s/ e /t/, que promove a alomorfa entre *conversão* e *converter* na raiz, devido a um processo fonológico e morfológico histórico que produz uma regra computacional através da qual a oclusiva, dental, desvozeada /t/ do verbo se palataliza e se assimila na fricativa, dental, desvozeada /s/. Essa alternância /t/ e /s/ é produtiva e pode ser encontrada em muitas outras palavras derivadas do latim como *inverter/inversão*, *perverter/perversão*, *subverter/subversão*. E para darmos conta das relações, temos que nos voltar para átomos menores do que as palavras. Precisamos da computação intralexical, que é característica da MD. Neste modelo, as unidades básicas que vão para a sintaxe não são palavras, mas *traços abstratos (features)*, sem conteúdo fonológico. Assim, a operação de *merge* na MD se dá com esses traços abstratos.

Apesar de contrastante com a MD, a Teoria Gerativa é o alicerce desse modelo, pois “funciona como uma fonte razoável de hipóteses sobre a representação e computação da linguagem na mente e no cérebro” (Marantz, 2005, p. 1, tradução minha).

A MD compartilha da tese inatista e modularista forte, sendo um modelo que busca representar e explicar as não correspondências entre sintaxe, fonologia e semântica. Os constituintes mínimos a serem computados são categorias formais atômicas, as menores porções com significado, o que proporciona ao modelo um caráter *granular*.

Assim, os morfemas, com seus traços fonológicos, semânticos e formais, não são os constituintes decomponíveis primários. As categorias atômicas, ou seja, o *input* da sintaxe são os traços abstratos, a partir dos quais acontece a derivação. E a computação das categorias funcionais se dá em módulos separados. Os traços abstratos são selecionados de um inventário, que é o módulo *Lista 1*, composto de: *posições reservadas para raízes (place holders)* – cf. Halle, Marantz, 1993, 1994; Marantz, 1996, 1997, 2001 – e *verbalizador, número, pessoa, tempo, nominalizador, gênero, adjetivador, relacionador, complementizador, agentivizador e aplicativo*. A computação de traços abstratos ocorre por meio das operações sintáticas de *concatenar* ou *juntar (merge)*, *mover (move)* e *concordar (agree)*, sendo *merge* a única operação gerativa, que forma a estrutura sintática.

Quando essas operações terminam, chegamos ao fim da sintaxe, isto é, completamos uma *fase* da derivação. E o produto da fase são os *nós terminais* ou *feixes de traços (feature bundles)*. Cada nova fase da derivação começa pela computação de

um novo *traço* ou *morfema categorizador*: verbalizador ou *vezinho* (*little-v*), nominalizador ou *enezinho* (*little-n*), adjetivador ou *azinho* (*little-a*) e relacionador ou *pezinho* (*little-p*), somado à raiz – [RAIZ + Categorizador], que comporão a palavra.

A operação de *spell-out* envia os nós terminais concomitantemente para os módulos *Forma Fonológica* e *Forma Lógica*. Nesta última, acontece o acesso semântico aos nós, para que se cheque a lógica da combinação destes, sendo tal lógica uma condição para que a derivação continue. Autorizada a continuidade da derivação neste ponto, os nós terminais são enviados para um outro módulo da derivação: a *Interface Conceptual*.

No caminho para FF acontece uma *competição* pela *inserção* do conteúdo fonológico nos nós terminais da estrutura. Esses conteúdos fonológicos são as raízes, prefixos, sufixos e marcas de concordância, que compõem a *Lista 2*.

Então, de acordo com a MD, a *inserção de vocabulário é tardia*, isto é, pós-sintática. A condição que licencia a inserção de peças do vocabulário é que todos os traços sintáticos e semânticos de uma peça, ou parte deles (um subconjunto), sejam iguais aos da estrutura sintática abstrata correspondente. “A motivação básica do modelo MD é resolver o mapeamento entre traços sintáticos e peças vocabulares, considerando a diversidade que se verifica nesse mapeamento [nas línguas naturais]”. (Lemle, 2005, p. 12)

A combinação dos itens de vocabulário, já dotados de massa fônica e forma, se dá também na Forma Fonológica, através das regras de inserção de vocabulário que subjazem à realização fonológica desses elementos. Depois são realizados os reajustes morfo e fonológicos dos itens do vocabulário, podendo seus traços morfossintáticos ser copiados, o que traduz a operação de concordância, cancelados ou deslocados, e seus traços fonológicos sofrer assimilação, subtração ou acréscimo.

A forma final, que provém da inserção lexical, é enviada para a *Lista 3*, a *Enciclopédia*, na qual procede a negociação semântica. A Lista 3 contém o conhecimento não linguístico arbitrário, que atribui sentido idiossincrásico à expressão derivada. Verifica-se na Lista 3 neste momento a arbitrariedade da relação entre significante e significado, ou seja, a arbitrariedade do signo linguístico, de Saussure (1916), segundo a qual não há razão para que um significado seja representado morfofonologicamente por um significante X e não Y, sendo esta relação baseada só em uma convenção na língua.

Por exemplo, a palavra *globo* (Figura 1) é composta por uma *posição de raiz*, um *categorizador* do tipo *enezinho* (*n*) e traços de gênero e número. Todos estes traços são selecionados da Lista 1 e concatenados, de maneira a gerarem uma sequência de nós terminais [posição de raiz [n + masc + sing]] ao fim da computação sintática. *Spell Out* manda esta sequência de traços para a Forma Lógica, onde são checados e autorizados, e para a Forma Morfofonológica, onde, depois de um processo de competição, há a inserção dos itens de vocabulário [[<sub>R</sub>glob] + [<sub>n</sub>∅ + o]], provenientes da Lista 2, e atribuição de conteúdo fonológico aos nós terminais, que são então preenchidos pelas peças de vocabulário [glob + o]. A representação fonológica é enviada para a Lista 3, a Enciclopédia, em que raiz, nominalizador e traços de concordância são conjuntamente interpretados como *a Terra, qualquer coisa de forma esférica ou redonda*.

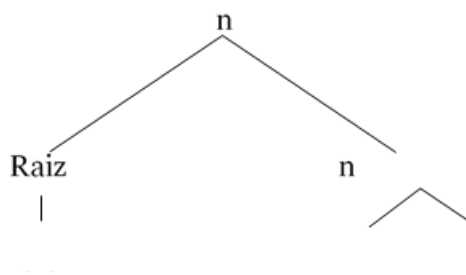
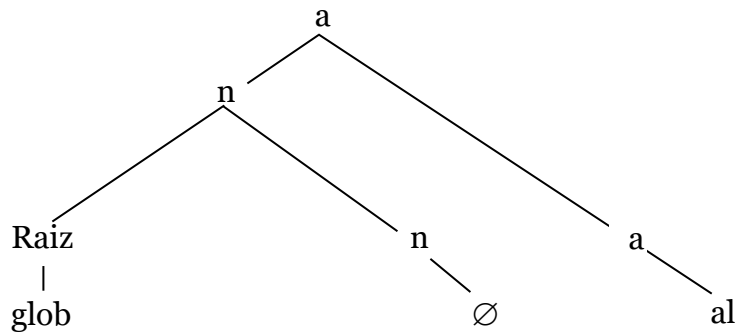


Figura 1 – Derivação de *globo*

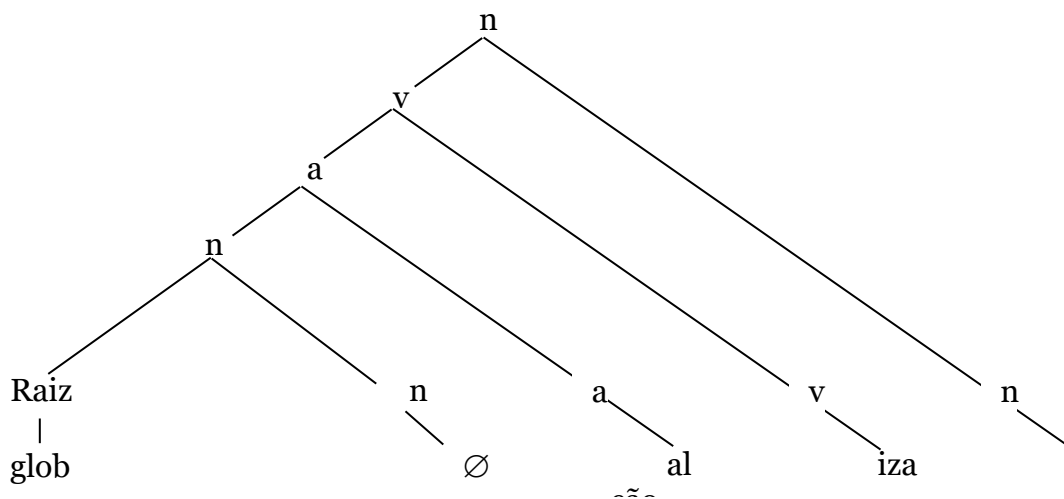
Se estivermos computando o adjetivo *global* (Figura 2), o nome *globo* entra novamente na derivação para ser concatenado com o adjetivador (*azinho*), selecionado da Lista 1. Após *spell-out*, os nós funcionais são enviados para a Forma Lógica para que sejam checados semanticamente e a derivação possa continuar, sendo completada na Interface Conceptual. Ao mesmo tempo, *spell-out* envia os nós terminais da sintaxe para a Forma Fonológica, para que haja a inserção da peça de vocabulário, proveniente da Lista 2, na posição de *azinho*. Concomitantemente, [[glob][al]] é mandado para a Enciclopédia, Lista 3, na qual a concepção do composto *trabalho*, em que aconteceu a negociação semântica, é lido de novo, e este sentido é mandado para a Interface Conceptual, onde será acrescentado o significado do nó funcional adjetivador, dando origem ao sentido de *global, relativo ao globo terrestre, mundial*.





**Figura 2** – Derivação de *global*

Na teoria da Morfologia Distribuída, a derivação linguística ocorre em fases distintas, refletindo a natureza cíclica da computação sintática. Cada fase se inicia com a concatenação de um novo traço morfosintático à estrutura já formada, utilizando operações como *merge* e *move*. Ao final de cada fase, ocorre o *spell-out*, momento em que a estrutura sintática recebe conteúdo fonológico e interpretação semântica. Este processo contínuo permite que palavras e sentenças sejam formadas de maneira integrada dentro da gramática. Assim, em se tratando de *globalizar*, há duas fases de derivação e a seguir outra em que ocorre *merge* de outro categorizador, o verbalizador (*vezinho*) *-izar*. Na computação de *globalização* (Figura 3), temos estas três fases seguidas de uma quarta, com o *merge* de outro categorizador, o nominalizador *-ção*.



**Figura 3** – Derivação de *globalização*

### 2.3. Derivação de sentenças

O mesmo modelo teórico da MD, que trata da derivação de traços abstratos da sintaxe na composição de palavras, vale para a derivação de sentenças. Por exemplo, na derivação de *O rapaz descascou a laranja*, dá-se primeiro a derivação intralexical do Nome dentro do DP argumento interno do verbo, *laranja*, a partir do *merge* da raiz com *n*. O traço *n* é concatenado ao de seu Determinante (*o*). Depois, em uma segunda fase, acontece a derivação intralexical do verbo, com a concatenação do verbalizador. O traço *n* do Nome dentro do DP argumento externo, *rapaz*, se concatena ao de seu Determinante (*o*). O verbo se concatena ao DP argumento externo (*second merge*), construindo sintaticamente o *vP* (*verbal phrase*) e formando suas propriedades conceptuais. A derivação continua com o *merge* de *tempo* (*tense – T*), seguido da computação dos traços formais do sujeito, para a *concordância* (*agreement – Agr*), que é a cópia (operação *copiar – copy*) dos traços do Nome (*rapaz*) presente no DP argumento externo que se torna sujeito. O DP argumento externo, quando passa a ser irmão de *T*, recebe Caso e se torna sujeito.

No modelo da MD então o curso da derivação também é *bottom-up*, assim como na Gramática Gerativa lexicalista, isto é, no Minimalismo (Chomsky, 1993-atual). A ordem *bottom-up* da derivação também é sugerida em Lage (2005a, 2005b), a partir de resultados de experimentos psicolinguísticos *on-line* em alemão e em português e experimentos neurolinguísticos em português.

Assim, se tomarmos como exemplo a derivação de *O rapaz descascou o abacaxi*, nos deparamos com um fenômeno que não acontece na derivação da frase anterior (*O rapaz descascou a laranja*). Como é de domínio dos falantes em geral de PB, *descascar o abacaxi* pode ser uma expressão idiomática, que significa *resolver um problema difícil*.

Conforme a MD, os vPs idiomáticos recebem, na Enciclopédia, as duas interpretações possíveis: uma composicional regular e outra idiomática. Estas interpretações competem por um brevíssimo espaço de tempo, até que o contexto sintático-semântico permita que uma delas vença esta competição, voltando o outro significado para o estado de *não ativação* (Egan, 2004; Marantz, 2005, 2013a, 2013b; Corver, 2013).

### 3. Hipótese da idiomaticidade

Mais recentemente, a idiomaticidade vem sendo tratada como um fenômeno de polissemia tal qual encontramos, por exemplo, em *manga* fruta e *manga* de camisa. Isso está expresso em detalhes em uma obra anterior, Marantz (1996), artigo que foi muito influente na literatura, embora nunca tenha sido publicado: *Gato como uma expressão idiomática frasal (Cat as a phrasal idiom – CFI)*, se referindo à propriedade de uma palavra ter, inescapavelmente, múltiplos significados relacionados a ela. Isso faz com que qualquer palavra possa ser uma expressão idiomática, dependendo do contexto. Por exemplo, a palavra *romance* é um o objeto físico, mas também a propriedade mental. Veja que, em *Ontem li o romance até terminar* e *Precisei terminar o romance com o Pedro*, *romance* significa duas coisas diferentes. Marantz (1996) defende que, mesmo quando as palavras são morfologicamente simples, como *livro* ou *gato*, elas têm necessariamente uma raiz e um afixo categorial. Assim o significado das raízes sempre seria determinado contextualmente, dentro do domínio da primeira fase do núcleo. A hipótese aqui é a de que as expressões idiomáticas envolveriam o mesmo cálculo contextual do significado da raiz que está envolvido na polissemia, por exemplo em casos como *gato*, em que *gato=felino* e *gato=estrutura para roubo de energia elétrica*.

Isto quer dizer que a conexão entre *abacaxi* em *descascar o abacaxi* e em *comer o abacaxi* pode ser paralela àquela entre o *abacaxi físico* e o *abacaxi propriedade mental de um problema complexo*. As duas necessitam de um cálculo semântico-pragmático dependentes de contexto.

Desta forma, a homofonia, a alossemia<sup>3</sup> e a expressão idiomática seriam praticamente iguais (cf. Anagnostopoulou, Samioti, 2013), a não ser por um detalhe: as expressões idiomáticas sempre envolvem uma segunda leitura além de uma leitura literal *default*, proveniente da Forma Lógica, o que deveria trazer consequências de tempo para a computação.

### 4. Experimento com extração de ERPs

Com o modelo teórico da MD, os testes eletromagnéticos, que têm precisão e acurácia temporal, puderam ser aplicados na tentativa de explicar a ativação cerebral

---

<sup>3</sup> Alossemia é a semelhança de significado entre as palavras.

diante da apresentação de sentenças com e sem idiomaticidade, já desde o início deste século. (Pylkkänen, Stringfellow, Marantz, 2002; Pylkkänen, Marantz, 2003; Pylkkänen *et al.*, 2004, 2005)

O experimento que será aqui relatado partiu dessa premissa, ao correlacionar fenômenos da linguagem com respostas eletrocorticais, comparando processamentos neurolinguísticos. Quanto aos acontecimentos linguísticos, a negociação semântica na fase vP seria mais complexa em se tratando de vP idiomático porque isso exigiria duas leituras na Enciclopédia (Lista 3), sendo uma composicional regular e uma idiossincrásica. Os dois sentidos possíveis entrariam em competição, até que o contexto sintático-semântico permitisse que um deles fosse selecionado. Neste momento, o significado dispensado voltaria ao estado de *não ativação*.

Além da hipótese da idiomaticidade, testamos também a ordem *bottom-up* do curso da derivação sintática, que considera essencialmente que a computação começa com o *merge* do verbo com seu argumento interno (*first merge*), seguido do *merge* de V' com o argumento externo do verbo (*second merge*), projetando VP.

Outra hipótese é a de que o sujeito somente seria concatenado com o vP, conforme a ordem *bottom-up* do curso da derivação.

Quanto às predições, os *ERPs* seriam do tipo  $N_{400}$ , que é uma onda negativa que se eleva aproximadamente aos 400ms após a exposição ao estímulo, que, neste caso, se tratou do argumento interno. O  $N_{400}$  marcaria as tarefas de computação semântica no interior do vP durante o processo de seleção do verbo no que se refere ao seu argumento interno. Esperava-se também que os *ERPs* variassem de amplitude de acordo com o esforço cognitivo na computação linguística. Os vPs idiomáticos gerariam *ERP* de amplitude mais elevada, pois requereriam um esforço maior para serem decodificados, por conta das duas leituras que competem, a composicional e a idiossincrática, até a decisão por uma delas.

No que diz respeito ao curso *bottom-up* da derivação, a expectativa é a de que haja um *ERP* relativo à concatenação do DP-sujeito posteriormente ao *ERP* de concatenação do DP-objeto.

#### **4.1. A técnica experimental: a extração de ERP**

O eletroencefalógrafo (EEG) mede a corrente que acontece durante a excitação sináptica de dendritos de vários neurônios piramidais do córtex. Tal atividade elétrica

passa por camadas diversas de tecidos não neuronais (meninges, fluidos, ossos do crânio, pele) até chegar aos eletrodos. Por isso, é necessário haver a ativação de várias células ao mesmo tempo para a produção de um sinal forte o suficiente para ser capturado pelo eletroencefalógrafo digital.

A eletroencefalografia (EEG), antes apenas empregada em exames clínicos, só desde os anos de 1990 vem sendo usada para avaliar a atividade electrocortical proveniente de tarefas linguísticas por indivíduos típicos. Estudos linguísticos utilizando EEG implicam a extração de *ERPs* (*event-related brain potentials* – potenciais relacionados a evento).

Enquanto vão acontecendo as atividades electrocorticais, os pulsos<sup>4</sup> relativos aos segmentos dos estímulos linguísticos são emitidos pelo programa de apresentação de estímulos. Esses pulsos são recebidos pelo programa de aquisição de sinais, onde são sincronizados e gravados com os sinais que vão sendo coletados.

Com a seleção dos segmentos críticos dos *estímulos linguísticos*, definem-se os trechos dos sinais bioelétricos pertinentes ao estudo, e os sinais passam pela técnica de *promediação*, um tratamento matemático de extração de média. A promediação consiste em efetuar a média coerente exatamente do mesmo trecho em torno do momento acoplado no tempo, para todos os estímulos do experimento, sendo excluídos os artefatos, que são os sinais intervenientes de movimentos musculares do participante, e os ruídos, decorrentes de possíveis interferências elétricas causadas pelo equipamento. Ao fim da promediação, o resultado mostra a média dos sinais relativos ao evento linguístico acoplado no tempo, ou seja, o *ERP*: por isso a alta resolução temporal.

Mas a técnica de EEG é bastante falha em termos espaciais, possibilitando que se mencione apenas uma tendência de um fenômeno linguístico ocorrer em uma região cortical, pois os sinais elétricos podem ser dissipados, ricocheteados, visto que precisam atravessar diferentes tipos de tecidos, corticais, meninges e ósseos, para chegarem à superfície craniana, quando serão captados pelos eletrodos no escalpo. Como nem sempre há boa *condutância*, ou seja, como existe também resistência

---

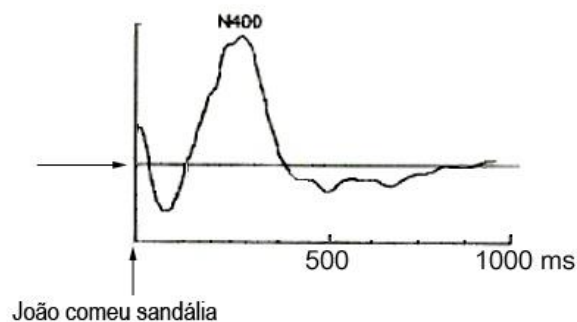
<sup>4</sup> Os pulsos são um breve aumento de tensão elétrica, sob a forma de ondas retangulares, geralmente originadas artificialmente. Um dos usos dos pulsos é servir de marcador durante a aquisição do EEG. Eles são gerados por computador durante a captura dos sinais e geralmente enviados pelo canal de anotação. Assim, podem identificar por simultaneidade os eventos.

elétrica, os sinais ficam diminutos, sendo preciso a sua amplificação antes da sua gravação.

O traçado do EEG é composto por ondas que seguem uma trajetória de subida ou descida. As que sobem são consideradas de polaridade negativa (N), as que descem são de polaridade positiva (P). A latência é o intervalo de tempo entre o estímulo<sup>5</sup> e o momento em que a onda se inicia, sendo o tempo medido em milissegundos, ou seja, a latência da onda significa o tempo que demorou para acontecer a atividade cortical relativa ao fenômeno linguístico.

A amplitude é a altura da onda, isto é, a distância entre o pico e a base da onda, e está diretamente relacionada à sua intensidade, que é medida em microvolts.<sup>6</sup> Kutas e Hillyard (1984) já notavam que a amplitude da onda corresponde à intensidade da atividade cortical que acontece diante do fenômeno linguístico, se relaciona diretamente com o nível de facilidade ou dificuldade para realizar a integração morfossintática, ou seja, quanto mais difícil for esta integração, maior será a amplitude da onda.

Na literatura neurolinguística, um dos principais padrões de *ERP*, ou assinaturas elétricas, é o  $N_{400}$  (Figura 4), que é um potencial de polaridade negativa e de latência de mais ou menos 400 milissegundos (ms). Isso significa que a sua amplitude máxima, o pico da onda, acontece entre 300 e 500ms, a contar do *trigger* no estímulo linguístico, da apresentação da palavra crítica.



**Figura 4** –  $N_{400}$ , a assinatura linguística da incongruência semântica

<sup>5</sup> Na situação experimental o estímulo que interessa ser controlado é acoplado no tempo a um *trigger* (gatilho) que é previamente arbitrado pelo experimentador. Este acoplamento é que possibilita relacionar o início da onda a algum trecho do estímulo.

<sup>6</sup> *Microvolt* é a milionésima parte de um *volt*, ou seja, cada *volt* tem um milhão de *microvolts*. O *volt* mede a tensão elétrica.

O  $N_{400}$  é portanto uma manifestação sensível ao processamento semântico na compreensão linguística *on-line*, isto é, em tempo real. Mas não é desencadeado exclusivamente por fatores linguísticos. Conforme argumenta Brown (*et al.*, 1999, p. 886, tradução minha),

[...] atualmente é amplamente aceito que, no domínio da compreensão da linguagem, o desencadeamento do  $N_{400}$  e as modulações na amplitude do  $N_{400}$  são indicativos do envolvimento de representações semânticas e de processamento semântico diferencial durante a compreensão da linguagem *on-line*. Note que a afirmação não é que o  $N_{400}$  é um componente específico de linguagem (isto é, modulado somente por fatores relacionados à linguagem).

Em outras palavras, o  $N_{400}$  é um potencial elétrico proveniente do processo de integração de significado, e quanto mais difícil for este processo, maior será a amplitude do  $N_{400}$  (Figura5), se comparada àquela do  $N_{400}$  proveniente de concatenação semântica congruente, o que quer dizer que a maior amplitude do  $N_{400}$  está associada à incongruência semântica. (Cf. Kutas, Hillyard, 1980, 1984; Osterhout, Holcomb, 1992; Brown, Hagoort, 1993; Brown *et al.*, 1999; Kutas, van Petten, 1994; Kutas, King, 1996; Osterhout, Holcomb, 1995; França, 2002; França *et al.*, 2004; França, 2005a, 2005b; Lage, 2005a, 2005b)

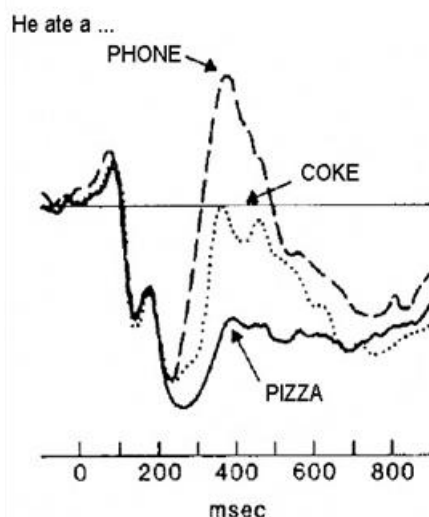


Figura 5 -  $N_{400}$  de baixa, média e alta amplitude: *comer pizza* resulta em um  $N_{400}$  de baixa amplitude; *comer Coca-Cola*, em um  $N_{400}$  de média amplitude; *comer telefone*, em um  $N_{400}$  de alta amplitude (Kutas, Hillyard, 1980)

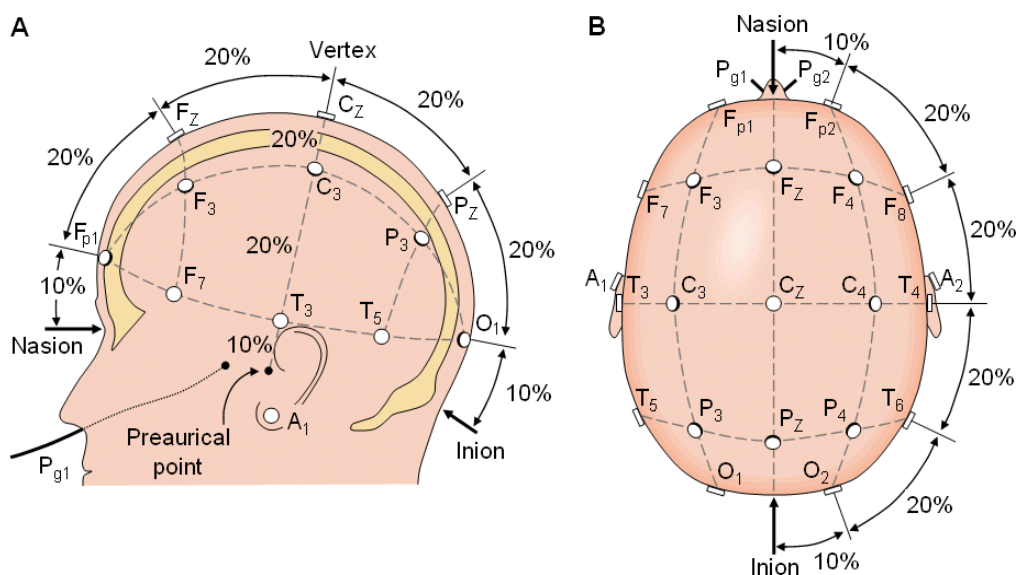
E o efeito electrocortical que origina  $N_{400}$  é bem distribuído no escalpo, porém a estimulação linguística tende a gerar ondas de amplitudes maiores nos *sítios* mais centrais e posteriores, que já são bem conhecidos por concentrarem ERPs provenientes de fenômenos linguísticos.

#### 4.2. Materias e métodos

O experimento foi aplicado em 29 participantes (14 mulheres e 15 homens), a maioria graduandos, mas também graduados, entre 17 e 39 anos (média de 22,9 anos), sendo quase a metade da Faculdade de Letras da Universidade Federal do Rio de Janeiro. O recrutamento dos participantes seguiu também o critério habitual para experimento de aquisição de sinais electrocorticais para a extração de ERPs: todos típicos, sem comprometimentos neurológicos ou psiquiátricos, e destros.

Quanto aos procedimentos, foram conectados entre si e checados o electroencefalógrafo (EEG), o computador com o programa de aquisição de sinais e o computador com o programa de apresentação de estímulos. As pontas dos cabos dos eletrodos foram conectadas ao EEG e os eletrodos foram fixados no escalpo do participante, com pasta eletrolítica, que é aderente e conduz corrente elétrica.

No que diz respeito à disposição dos eletrodos, empregamos o Sistema Internacional 10-20 (Figuras 6), que é uma forma padrão de se posicionarem os eletrodos nas derivações, que são comumente 20, fora os dois pontos de referência e um de aterramento.



**Figura 6** – Guia mais recente do Sistema Internacional 10-20 (Gilmore, 1994)



Sendo assim, utilizamos as seguintes derivações:  $F_{P1}$  e  $F_{P2}$ , pré-frontais;  $F_z$ ,  $F_3$ ,  $F_4$ ,  $F_7$  e  $F_8$ , frontais;  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$  e  $T_6$ , temporais;  $C_z$ ,  $C_3$  e  $C_4$ , centrais;  $P_z$ ,  $P_3$  e  $P_4$ , parietais; e  $O_z$ ,  $O_1$  e  $O_2$ , occipitais. A referência foi fixada nos pontos  $M_1$  e  $M_2$ , sobre os mastóides, e o aterramento no ponto  $F_{Pz}$ , pré-frontal ao centro, entre  $F_{P1}$  e  $F_{P2}$ .

Segundo o Sistema Internacional 10-20, os perímetros do crânio são medidos nos planos *médio* (Figuras 6-A) e *transversal* (Figura 6-B), e as localizações dos eletrodos são definidas pela divisão destes perímetros em intervalos de 10% e 20%. Para se medirem os *perímetros médios* e *transversais* do crânio, a referência<sup>7</sup> são *vertex* ( $C_z$ ), que é o ponto central do crânio, *nasion*, que é a reentrância na parte de cima do nariz, nivelando com os olhos, e *inion*, que é o ponto central na extremidade do osso occipital.

Para a realização da tarefa e passar as telas de instruções, o participante usou um *joystick*. Antes disso, ele passou por uma fase de treinamento, de no máximo 5 minutos, para o uso do *joystick*. Logo a seguir, o participante era induzido a fechar os olhos para entrar em atividade eletrocortical praticamente apenas de ritmo alfa, ou seja, ondas com frequência de 8-13Hz, estando a pessoa bem relaxada, mas acordada. Foram gravados 2 minutos desses sinais, com o propósito de este estado de vigília em relaxamento servisse de parâmetro para os sinais de vigília sem relaxamento, ou seja, para a atividade cortical da fase de estimulação linguística.

O participante recebia instruções verbais quanto aos movimentos que não devia fazer com o corpo, para não causar artefatos, isto é, efeitos intervenientes que se misturam aos sinais relacionados ao evento. Depois disso, o participante recebia instruções na tela do computador, relativamente à sua tarefa experimental, à existência de duas pausas, para um breve descanso, além de eventuais outras para recolocação de eletrodo, e à necessidade de manter atenção e naturalidade durante o experimento. Havia ainda um *warm-up* (treinamento) com 20 frases equivalentes aos estímulos e distratores.

No momento inicial do experimento, os estímulos e distratores eram automaticamente aleatorizados e apresentados seguindo a técnica de *leitura cinética* (*kinectic reading*). Cada palavra aparecia no monitor por 200ms. Ao final de cada sentença, imediatamente após a última palavra ser apresentada, aparecia na tela um

---

<sup>7</sup> Os pontos *nasofaringais* ( $P_{G1}$  e  $P_{G2}$ ) e *pré-auriculares* (Figura 3) são somente referências secundárias para a colocação dos eletrodos. Vê-se na Figura 3-A a distância entre o ponto nasofaringal esquerdo ( $P_{G1}$ ) e o pré-auricular esquerdo, correspondente a 10% do diâmetro transversal do crânio, que é a metade da distância de  $T_3$  a  $F_7$ . O mesmo se verifica no lado direito do crânio, no que se refere a  $T_4$  e  $F_8$ .

sinal gráfico com a pergunta *Faz sentido?* por 1500ms. E o participante tinha que julgar. Ele era orientado a apertar um dos botões do *joystick*, tendo um limite de tempo (*time-out*) para a resposta, sendo o máximo de tempo igual à duração do sinal gráfico com a pergunta *Faz sentido?*, isto é, 1500ms. Se um dos dois botões especificados do *joystick* não fosse acionado nesse tempo, a resposta comportamental era considerada nula. Uma cruz de fixação aparecia na tela por 1000ms, para que fossem cessadas as tarefas cognitivas relacionadas à sentença anterior e se dirigisse a atenção para a sentença seguinte.

Aplicamos quatro testes-piloto, que permitiram avaliarmos as condições técnicas e um ajuste experimental final. O experimento de que estamos tratando, junto com outros quatro, teve uma duração média de 33,68 minutos, tempo que não cansava o participante. Perguntas informais feitas aos primeiros participantes após o experimento permitiram termos uma noção quanto à adequação experimental. Tendo em vista que os participantes não acharam o experimento longo nem demonstraram perceber o que estava sendo verificado, tudo indicava que os procedimentos foram apropriados.

E antes do experimento neurolinguístico, realizamos um experimento psicolinguístico de leitura automonitorada (*self-paced reading*) para verificar se seriam encontrados, nos tempos de respostas (Reaction times), efeitos decorrentes também dos fenômenos que seriam pesquisados com o experimento neurolinguístico, o que aconteceu. Isso serviria para, mais uma vez, nos certificarmos de que o experimento neurolinguístico estava bem ajustado.

A variável dependente é a morfologia (latência e amplitude) das ondas elétricas (ERPs) relacionada à concatenação de vP idiomático e à de vP não idiomático. A variável independente é a presença de idiomaticidade no ponto da concatenação do DP-argumento interno dentro dos vPs idiomáticos. Tivemos duas condições, por meio de sentenças do tipo [[Det[NP]]V[Det[NP]]] com vP não idiomático e sentenças do tipo [[Det[NP]]V[Det[NP]]] com vP idiomático e contexto conceptual adequado para interpretação idiossincrásica, pois o sujeito foi manipulado semanticamente (*A testemunha abriu o bico*), e o experimento é composto por muitos estímulos com vPs idiomáticos e por muitos distratores com expressão idiomática. Em ambos os casos, o *trigger* é posicionado no objeto (cf. seta do Quadro 1).

Condições								
<b>vP idiomático</b>	O	menino	chutou	O	<b>balde</b>			resposta neurofisiológica
	palavra1 200ms	palavra2 200ms	palavra3 200ms	palavra4 200ms	palavra5 200ms	+ 600ms = janela de 800ms para extração de <i>ERPs</i>		
<b>vP não idiomático</b>	O	menino	chutou	A	<b>bola</b>			resposta neurofisiológica

**Quadro 1** – Modelo<sup>8</sup> de sentença do experimento na linha do tempo: sentenças com vP idiomático ou não idiomático

Assim se puderam comparar *ERPs* decorrentes de vPs idiomáticos com *ERPs* de vPs não idiomáticos. As frases tiveram o mesmo número de palavras, e números semelhantes de sílabas e de grafemas. Os verbos precisavam ser repetidos para que se pudesse atingir o contraste diante da presença ou não de idiosincrasia. O *trigger* (ponto em que a gravação do EEG e a apresentação do estímulo são acoplados no tempo) foi posicionado no objeto direto, como mostra a seta no Quadro 1, e a contar da palavra-*trigger* se iniciou uma janela temporal de 800ms, para análise dos dados eletrofisiológicos, isto é, os trechos dos sinais bioelétricos correspondentes aos 800ms foram tratados matematicamente para a extração dos *ERPs*.

A aceitação das expressões idiomáticas foi antes testada em outros 10 falantes nativos na mesma faixa etária e com o mesmo grau de escolaridade dos participantes do experimento. Verifiquei com esses falantes o significado de muitas expressões idiomáticas e destinei ao experimento só as que eram declaradamente usadas por todos os entrevistados.

#### **4.3. Tratamento estatístico dos resultados do experimento neurolinguístico**

O tratamento estatístico das amplitudes aferidas foi o Running *t*-Test (Hagoort *et al.*, 2004a, 2004b), em que a amplitude de cada *ERP* decorrente de cada derivação,

<sup>8</sup> Apenas no quadro, quase todas as palavras da primeira frase são repetidas na segunda, exatamente para que se sobressaia no exemplo a palavra *trigger*, facilitando assim a compreensão do desenho experimental.

considerando sentenças com e sem condição experimental, foi detectada automaticamente. Ao se utilizar um sinal diferencial para todas as sentenças e levando em conta todos os participantes, um padrão Gaussiano<sup>9</sup> pôde ser assumido, e o *t*-Test foi aplicado amostra a amostra, a cada 25ms, no intervalo de tempo de interesse, ou seja, de 200 a 800ms.

As amplitudes dos *ERPs* provenientes de todas as sentenças foram comparadas a zero, sendo aplicados dois testes unilaterais, com o objetivo de verificar a hipótese nula, isto é, a hipótese de não existir diferença entre as amplitudes dos *ERPs* a cada instante de tempo: 25ms. Para isso, foi usado um nível de significância em que  $\alpha = 5\%$ .

Se a hipótese nula fosse rejeitada, em um instante de tempo, para o lado positivo, seria possível inferir que a promediação resultante dos *ERPs* relativos às sentenças com condição experimental seria estatisticamente mais positiva, ou menos negativa, do que aquela resultante dos *ERPs* relativos às sentenças sem condição experimental. O raciocínio inverso foi empregado para os instantes de tempo nos quais a hipótese nula foi rejeitada para o lado negativo.

Dessa forma, comparamos as amplitudes dos *ERPs* referentes às sentenças com condição experimental, isto é, do Tipo A, com as dos *ERPs* referentes às sentenças sem condição experimental, do Tipo B:

Tipo A: O menino chutou o *balde*

Tipo B: O menino chutou a *bola*

Se a diferença fosse maior que zero, teríamos que  $B > A$ , ou seja, B seria mais positivo ou menos negativo que A, porque seria superior ao limite de confiança de 97,5%. Após se aplicar o teste, verificamos que as derivações T3 e T5, respectivamente entre 348-406ms e 400-402ms, foram dois exemplos de derivações que tiveram como *ERP* de maior amplitude aquele relativo às sentenças com condição experimental (Tipo A).

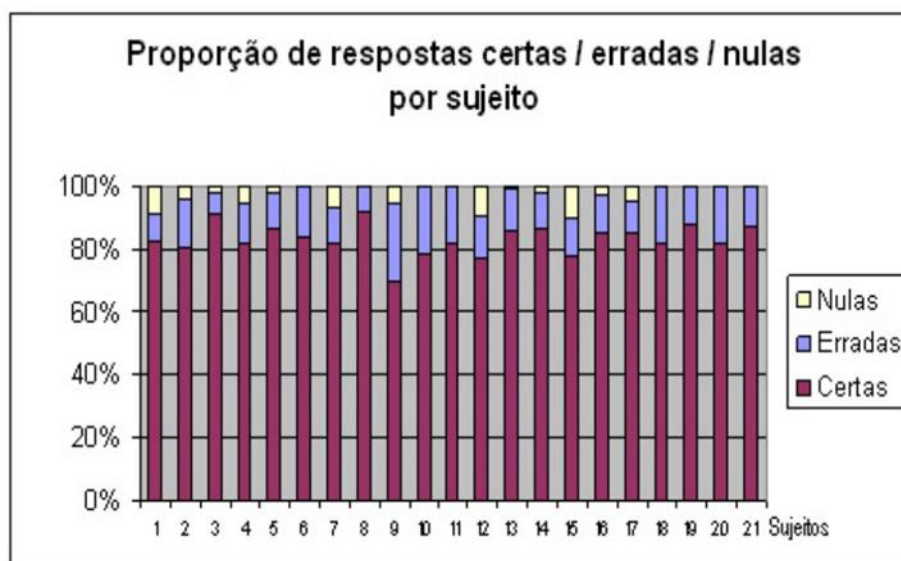
#### 4.4. Análise comportamental

Muito embora os filtros de artefato e as rotinas de rejeição de sinais fossem suficientes para permitir relacionar os *ERPs* aos efeitos da computação linguística realizada pelos participantes, houve, ainda assim, um controle suplementar, que foi a análise da taxa de acerto e erro na tarefa experimental, que era informar se a sentença lida fazia ou não sentido.

---

<sup>9</sup> Padrão Gaussiano é a distribuição normal, o padrão da normalidade, da média.

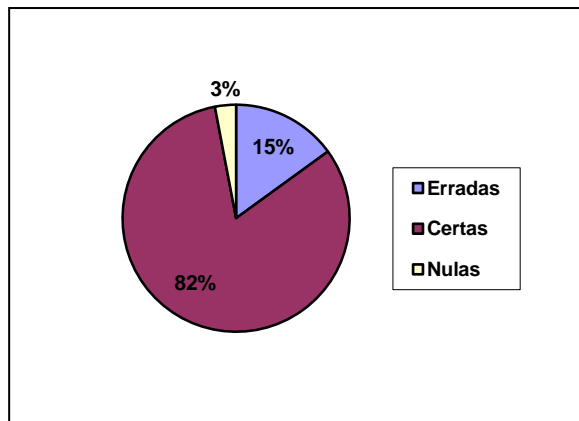
Portanto, fizemos uma análise comportamental dos participantes, para uma confirmação de que o experimento funcionou regularmente, com eles realmente engajados. O percentual de respostas erradas, nulas<sup>10</sup> e certas dadas aos estímulos (Gráfico 1) foi calculado por cada participante. Para a análise comportamental, retiramos oito participantes, foram incluídos apenas 21, porque houve falha na gravação das respostas comportamentais de oito participantes/sujeitos (*subjects*).



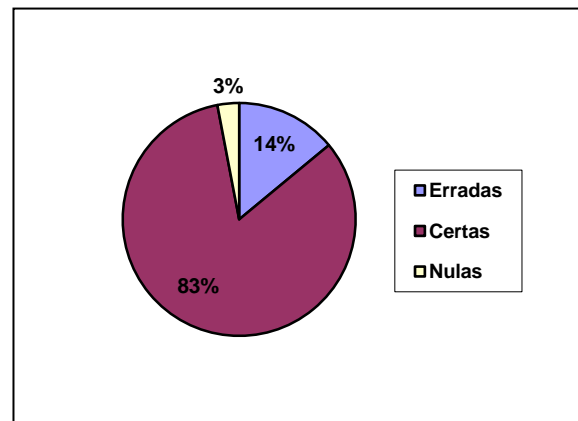
**Gráfico 1** – Percentual de respostas certas, erradas e nulas por participante, sem distratores

O percentual geral de acerto do conjunto de experimentos é de cerca de 82%, incluindo os distratores (Gráfico 2). Sem computar as sentenças distratoras, o percentual é de aproximadamente 83% (Gráfico 3). O percentual de acerto máximo por participante é de mais de 96%; e o mínimo, mais de 72%. Em relação às respostas nulas, que foram as registradas já fora do tempo regular, o percentual é de cerca de 3%. Respostas erradas e nulas juntas perfizeram cerca de 17% do total de respostas aos estímulos e cerca de 18% do total de respostas aos estímulos e distratores juntos.

<sup>10</sup> As respostas nulas incluem as respostas que foram dadas, mas que ultrapassaram o limite de tempo (*time-out*).



**Gráfico 2** – Percentual do total de respostas certas, erradas e nulas com distratores: n = 11910



**Gráfico 3** – Percentual do total de respostas certas, erradas e nulas sem distratores: n = 6718

As diferenças comportamentais são absolutamente mínimas, incluindo-se ou não os distratores no cálculo. Notamos ainda um percentual geral alto de acerto (cerca de 82%). E o participante com pior desempenho comportamental teve mais de 70% de acerto. Outro dado importante foi que nenhum participante teve comportamento discrepante em relação aos demais (Gráfico 1).

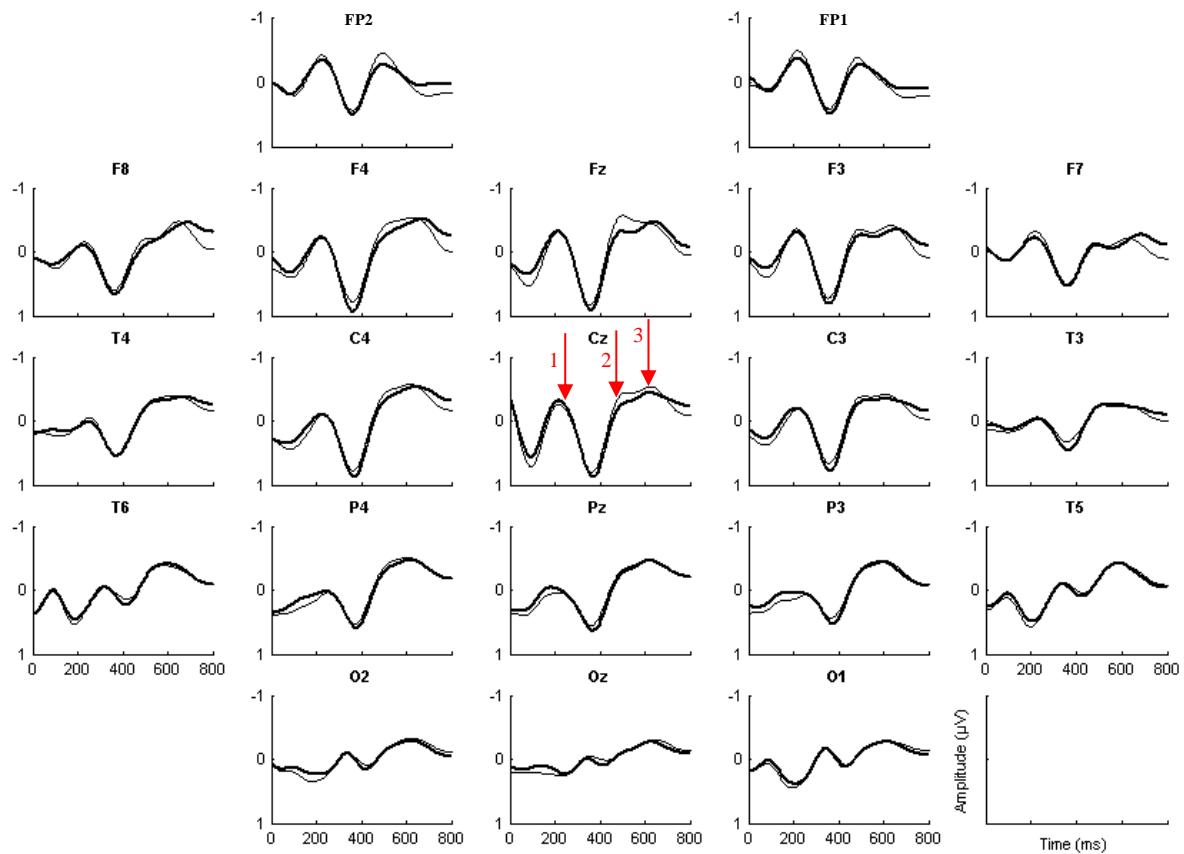
#### 4.5. Resultados do experimento neurolinguístico

Como é de praxe nos trabalhos com *ERPs*, trazemos em gráficos os traçados de EEG que foram comparados entre si e tratados estatisticamente. As ondas nos gráficos são a média das que decorrem de todos os dados do mesmo tipo de todos os participantes, isto é, trata-se da *grand-average*: grande média ou média abrangente, que é calculada a partir da promediação.

Cada gráfico que se apresenta diz respeito a uma das derivações de onde se adquiriram os sinais bioelétricos. E cada um dos dois traçados de EEG (linhas) que aparecem nos gráficos é relativo a uma condição experimental. São usados diferentes contrastes gráficos: linha mais fina *versus* linha mais grossa; linha com pontilhados *versus* linha sólida; linhas de cores diferentes etc.

Primeiramente, aparecem as derivações pré-frontais ( $F_{P1}$  e  $F_{P2}$ ); na segunda linha, as frontais ( $F_z$ ,  $F_3$ ,  $F_4$ ,  $F_7$  e  $F_8$ ); depois, as centrais ( $C_z$ ,  $C_3$  e  $C_4$ ) e as temporais mais anteriores ( $T_3$  e  $T_4$ ); na quarta linha, as parietais ( $P_z$ ,  $P_3$  e  $P_4$ ) e as temporais mais posteriores ( $T_5$  e  $T_6$ ); e na última linha, as occipitais ( $O_1$  e  $O_2$ ). A abscissa (x)

corresponde ao tempo, medido em milissegundos (ms), ou seja, a latência da onda; e a coordenada (y) é relativa à voltagem, mostrada pela amplitude da onda. Para exemplificar, no gráfico da derivação Cz, na Figura 7, aparecem três setas vermelhas, cada uma apontando para um *ERP* de um traçado ou para *ERPs* sobrepostos.



**Figura 7** – Conjunto de gráficos correspondentes às derivações estudadas, cada um com os *ERPs* promediados; vP com ou sem idiomatização, *trigger* na última palavra:

**Linha grossa – O menino chutou a bola**

Linha fina – O menino chutou o balde

SETA	DERIVAÇÕES PARES (hemisfério direito)	DERIVAÇÕES MEDIAIS	DERIVAÇÕES ÍMPARES (hemisfério esquerdo)
<b>SETA 2</b>	F <sub>8</sub> : [402-510] ms T <sub>6</sub> : [374-436] ms F <sub>4</sub> : [432-542] ms C <sub>4</sub> : [360-556] ms P <sub>4</sub> : [382-452] ms	F <sub>z</sub> : [400-570] ms C <sub>z</sub> : [384-574] ms P <sub>z</sub> : [368-444] ms O <sub>z</sub> : [362-428] ms	T <sub>3</sub> : [348-406] ms T <sub>5</sub> : [400-402] ms F <sub>3</sub> : [426-452] ms C <sub>3</sub> : [360-460] ms P <sub>3</sub> : [368-436] ms
<b>SETA 3</b>	P <sub>4</sub> : [524-534] ms C <sub>4</sub> : [738-800] ms	C <sub>z</sub> : [654-796] ms	F <sub>7</sub> : [686-800] ms P <sub>3</sub> : [710-800] ms C <sub>3</sub> : [740-800] ms

**Tabela 2** – Cada derivação e intervalo de tempo em que há diferença de amplitude estatisticamente significativa entre os traçados de EEG; e as setas que apontam os *ERPs* com diferença de amplitude

Há duas ondas negativas com latência de cerca de 200ms, no gráfico da derivação P<sub>z</sub> (Figura 7), que se repetem em quase todas as derivações, e isso é focalizado pela Seta 1. O traçado da onda referente às sentenças sem idiomaticidade (linha grossa) está sobreposto àquela das sentenças com idiomaticidade (linha fina). Portanto, neste ponto da computação, não há distinção na morfologia dos ERPs, entre aquele que provém de processamento idiomático e o de sentença sem idiomaticidade. Desse modo, a Seta 1 não consta na tabela estatística (Tabela 2), porque não se pôde rejeitar a hipótese nula neste intervalo de tempo, haja vista que por volta dos 200ms não existe diferença estatisticamente significativa de amplitude entre as duas ondas.

Os ERPs negativos com máxima amplitude por volta dos 450ms (N400) são apontados pela Seta 2 e têm significância estatística em quase todas as derivações: aquele relativo à idiomaticidade se eleva mais e é mostrado pela linha fina; o que se refere à ausência de idiomaticidade se eleva menos e é apresentado pela linha grossa.

A Seta 3 mostra ERPs negativos cuja latência máxima é de cerca de 650ms. E mais uma vez o mais protuberante é o que se refere às sentenças com idiomaticidade (traçado de linha fina).

## 5. Discussão

No nosso experimento, foram identificados ERPs que ocorrem aproximadamente aos 200ms após o objeto direto e estão sobrepostos (Seta 1, Figura 7). Parece, portanto, que



essas ondas não poderiam se referir à concatenação do argumento interno com o verbo (*first merge*). Que eventos então precederiam esta concatenação? Há duas opções. Um dos raciocínios é que, já que o verbo aparece antes do argumento interno, e verbos carregam traços formais de *concordância* – *Agr* (gênero, número e pessoa), o acesso a estes traços, ou a computação deles, poderia ser a tarefa cognitiva relacionada às ondas que vemos a cerca de 200ms. Isso se sustentaria no fato de que estas ondas estão superpostas em torno dos 200ms, ou seja, decorreriam de um fenômeno semelhante, de esforços cognitivos equivalentes. E no experimento os verbos estavam todos no Pretérito Perfeito (*Tense*) e na terceira pessoa do singular (*Agr*): daí a superposição perfeita dos ERPs, com base estatística.

Uma outra forma de entender é que essas ondas sobrepostas aos 200ms aproximadamente seriam resultantes da computação do DP que se torna sujeito. Apesar de este DP se concatenar, apenas mais tarde, com o VP (*second merge*), e não com a raiz do verbo, existe lá no início do processamento da sentença, em vista da ordem canônica S-V-O do português, usada no experimento, algum acesso a conteúdo semântico do DP, do tipo [+ HUMANO] e [+ ANIMADO], para ser mantido na memória de trabalho e posteriormente posto na derivação.

Em cada um dos dois traçados, um segundo *ERP* ocorre a cerca de 450ms (Seta 2, Figura 7). Trata-se do  $N_{400}$ , característico de concatenação de DP-objeto. E o *ERP* de maior amplitude é decorrente do processamento de *v'* (vezinho-linha) idiomático. Como explicar esta diferença de amplitude? Diante do arcabouço teórico da Morfologia Distribuída (MD), que serve muito bem ao estudo de expressões idiomáticas, entende-se que, após a forma estabelecida, se acessa o significado composicional. Então, por exemplo, o Nome *abacaxi*, da expressão *descascar o abacaxi*, ao chegar à Enciclopédia (Lista 3) para ser interpretada, recebe o significado de *uma fruta tropical espinhosa, grande e amarela, com uma coroa verde*. Mas como chegar ao verbete *abacaxi* ligado a *resolver um problema*? Conforme a MD, se atingiriam os dois significados, na Enciclopédia, que seriam mantidos por um curto espaço de tempo até que se pudesse escolher qual dos dois seria o mais adequado. Isso significa que os *v'* idiomáticos passariam então pelas duas leituras: composicional e idiossincrásica. Por exemplo, *descascar* teria os significados de *tirar a casca* ou de *descascar* no contexto *descascar o abacaxi*. Conforme Marantz (Egan, 2004, p. 42, tradução minha),

Quando falantes ouvem uma sentença contendo uma expressão ambígua, há um breve período de tempo durante o qual todos os significados candidatos

são ativados, e [em uma situação de *priming*] o falante reconhecerá mais rapidamente palavras que forem semanticamente relacionadas a *qualquer* dos significados que forem candidatos a palavras significativas. Este efeito desaparece muito rapidamente.

Por um curto tempo, o falante ativaria os dois significados da expressão linguística, até que o contexto sintático-semântico fizesse ele escolher um sentido, desativando o outro. É nesse momento, de acordo com Marantz, que o falante entraria em uma outra fase do reconhecimento da expressão idiomática (Egan, 2004, p. 42, tradução minha),

[Nesta fase] os participantes são ainda mais rápidos para reconhecer palavras relacionadas ao significado contextualmente relevante do termo ambíguo, mas a velocidade com que eles reconhecem palavras relacionadas aos *outros* significados volta para o *estado não ativado*.

Deixar os dois conceitos ativados custaria mais do que manter apenas um. Este esforço cognitivo maior explicaria o efeito eletrocortical mais acentuado, na forma de  $N_{400}$ , em comparação a um  $N_{400}$  decorrente de interpretação composicional apenas. Por volta dos 400ms portanto já teria acontecido a derivação do DP-argumento interno e o *first merge* dentro de VP, com atribuição de papel temático e caso acusativo ao DP argumento interno, que se torna objeto direto. E ainda, talvez, a computação das marcas de concordância e de tempo do verbo, que teria acontecido lá pelos 200ms (Seta 1, Figura 7).

Em torno dos 650ms (Seta 3, Figura 7), quando encontramos mais ERPs nos traçados, faltaria o *second merge*, ou seja, concatenar-se o DP-argumento externo. Atribuímos então essas diferenças de amplitudes nos ERPs de cerca de 650ms, atestadas por estatística, exatamente ao esforço cognitivo maior no *second merge*, ou seja, à idiomaticidade na concatenação do argumento externo, visto que a amplitude maior nos ERPs de cerca de 650ms haveria quando na presença de idiomaticidade.

Em termos de derivação sintática, a seguir aconteceria a fase de vP (vezinho-P) e o argumento externo ser movido para [Spec, TP], se concatenar a T' (T-linha), ganhar caso nominativo e se tornar sujeito. A fase de vP e essa integração do sujeito ao significado idiossincrásico de vP também poderiam justificar, juntamente com o *second merge*, as amplitudes diferentes dos ERPs aos 650ms aproximadamente. O esforço cognitivo maior se daria então ao se integrar o sujeito ao significado idiossincrásico presente no vP, quando haveria um breve momento de concorrência. Após o significado do verbo e do objeto direto terem sido desambiguizados, aconteceria

então um novo acesso a estes traços semânticos do sujeito que teriam sido acessados lá no início da computação e do processamento, considerando a ordem S-V-O dos constituintes da frase.

Muito embora uma amplitude mais elevada do ERP esteja normalmente associada a um esforço maior na realização da tarefa cognitiva, estamos excluindo a razão ser a incongruência semântica do sujeito, porque essa não foi uma condição no experimento.

Também verificamos que esses ERPs de cerca de 650ms são de amplitudes estatisticamente diferentes em seis derivações, basicamente parietais e centrais, que são justamente derivações muito marcantes nos estudos linguísticos eletrofisiológicos.

Por fim, temos que chamar a atenção para o curso da derivação sintática. Considerando a descrição que aqui fizemos da ordem das operações sintáticas, ao que parece pelos ERPs e suas diferenças de latência e amplitude, o curso da derivação sintática deve ser mesmo *bottom-up*.

## Referências

- ANAGNOSTOPOULOU, E.; SAMIOTI, Y. Allosemy, idioms, and their domains evidence from adjectival participles. In: FOLLI, R.; SEVDALI, C.; TRUSWELL, R. (Eds.). *Syntax and its limits*. Oxford: Oxford University Press, 2013. p. 218-250.
- BERWICK, R. C.; CHOMSKY, N. All or nothing: no half-merge and the evolution of syntax. *PLOS Biology*, San Francisco, California, v. 17, n. 11, p. 1-5, 2019.
- BERWICK, R. C.; CHOMSKY, N. Why only us: recent questions and answers. *Journal of Neurolinguistics*, v. 43, part B, p. 166-177, 2017.
- BERWICK, R. C.; FRIEDERICI, A. D.; CHOMSKY, N.; BOLHUIS, J. J. Evolution, brain, and the nature of language. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 17, n. 2, p. 89-98, 2013.
- BEVER, T. G.; CHOMSKY, N.; FONG, S.; PIATTELLI-PALMARINI, M. Even deeper problems with neural network models of language. *The Behavioral and Brain Sciences*, v. 46, p. 1-8, 2023.
- BOLHUIS, J. J.; TATTERSALL, I.; CHOMSKY, N.; BERWICK, R. C. Language: UG or not to be, that is the question. *PLOS Biology*, San Francisco, California, v. 13, n. 2, p. 1-3, 2015.

BROWN, C. M.; HAGOORT, P. The Processing Nature of the N400: Evidence from Masked Priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, Cambridge, Massachusetts, v. 5, n. 1, p. 34-44, 1993.

BROWN, C. M.; HAGOORT, P.; KUTAS, M. Postlexical integration processes in language comprehension: evidence from brain-imaging research. In: GAZZANIGA, M. S. (Ed.) *The new cognitive neuroscience*. 2. ed. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1999. p. 881-895.

CHOMSKY, N. Language architecture and its import for evolution. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. v. 81, part B, p. 295-300, 2017.

CHOMSKY, N. The Galilean challenge: architecture and evolution of language. *Journal of Physics: IOP Conference Series*, p. 1-7, 2017.

CHOMSKY, N. The language capacity: architecture and evolution. *Psychonomic Bulletin & Review*. v. 24, p. 200-203, 2017.

CHOMSKY, N. Minimal computation and the architecture of language. *Chinese Semiotic Studies*. v. 12, n.1, p. 13-24, 2016.

CHOMSKY, N. *Biolinguistics and the human capacity*. Lecture at MTA, Research Institute for Linguistics, Hungarian Academy of Science, Budapest, May 17, 2004, 10 p. Disponível em: <http://www.nytud.hu/chomsky/chomsky-bpea.rtf>

CHOMSKY, N. *Beyond explanatory adequacy*. Cambridge, Massachusetts: MIT Working Papers in Linguistics, 2001. 28 p. (MIT Occasional Papers in Linguistics, 20)

CHOMSKY, N. *Derivation by phase*. Cambridge, Massachusetts: MIT Working Papers in Linguistics, 1999. 43 p. (MIT Occasional Papers in Linguistics, 18)

CHOMSKY, N. *Noam Chomsky na UFRJ*. Conferências de Noam Chomsky na UFRJ, novembro 1996. Coordenação de Miriam Lemle e Luiz Pinguelli Rosa. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, 1997. 145 p.

CHOMSKY, N. *The minimalist program*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1995. 420 p.

CHOMSKY, N. A minimalist program for linguistic theory. In: HALE, K.; KEYSER, S. J. (Eds.) *The view from building 20: essays in linguistics in honor of Sylvain Bromberger*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1993. p. 1-52. (Current Studies in Linguistics, 24)

CHOMSKY N.; GALLEGO, Á. J.; OTT, D. Generative Grammar and the faculty of language: insights, questions, and challenges. *Catalan Journal of Linguistics*, Special Issue, p. 229-261, 2019.

CORVER, N.; von CRAENENBROECK, J.; TEMMERMAN, T.; KORING, L. *The syntax of idioms*. NOW/FWO-funded research project. Utrecht University, KU Leuven HU Brussel, 2013, ms. 8 p. Disponível em: [https://www.crisp.be/wp-content/uploads/2013/11/the\\_syntax\\_of\\_idioms.pdf](https://www.crisp.be/wp-content/uploads/2013/11/the_syntax_of_idioms.pdf)

EGAN, A. *Pretense for the complete idiom*. Australian National University, 2004, ms. 46 p. Disponível em: <http://www.geocities.com/eganamit/idiom.doc>

FRANÇA, A. I. O léxico mental em ação: muitas tarefas em poucos milissegundos. *Linguística*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 45-80, junho 2005.

FRANÇA, A. Neurofisiologia da linguagem: aspectos micromodulares. In: MAIA, M. A. R.; FINGER, I. (Eds.). *Processamento da Linguagem*, Série Investigações em Psicolinguística, GT de Psicolinguística da ANPOLL, v. 1. Curitiba: Educat, 2005. p. 263-283.

FRANÇA, A. *Concatenações linguísticas: estudo de diferentes módulos cognitivos na aquisição e no córtex*. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002. 235 p.

FRANÇA, A. I.; LEMLE, M.; CAGY, M.; CONSTANT, P.; INFANTOSI, A. F. C. I. Discriminating among different types of verb-complement merge in Brazilian Portuguese: an ERP study of morphosyntactic subprocesses. *Journal of Neurolinguistics*, Amsterdam, v. 17, n. 6, p. 425-437, November 2004.

FRIEDERICI, A. D.; CHOMSKY, N.; BERWICK, R. C.; MORO, A.; BOLHUIS, J. J. Language, mind, and brain. *Nature Human Behaviour*, v. 1, p. 713-722, 2017.

HAGOORT, P; HALD, L.; BASTIAANSEN, M.; PETERSSON, K. M. Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension. *Science*, v. 304, p. 439-441, April 16, 2004.

HAGOORT, P; HALD, L.; BASTIAANSEN, M.; PETERSSON, K. M. Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension. *Science*, v. 304, p. 439-441, April 16, 2004. Supporting online material. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/cgi/data/1095455/DC1/1>

HALLE, M; MARANTZ, A. Some key features of Distributed Morphology. In: CARNIE, A.; HARLEY, H; BURES, T. (Eds.) *Papers on phonology and morphology*, Cambridge, Massachusetts: MIT Working Papers in Linguistics, 1994. p. 275-288 (MIT Working Papers in Linguistics, 21)

HALLE, M; MARANTZ, A. Distributed Morphology and the pieces of inflection. In: HALE, K.; KEYSER, S. J. (Eds.) *The view from building 20: essays in linguistics in*

honor of Sylvain Bromberger. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1993. p. 111-176. (Current Studies in Linguistics, 24)

HARLEY, H; NOYER, R. Licensing in the non-lexicalist lexicon: nominalizations, vocabulary items, and the Encyclopedia. In: HARLEY, H. (Ed.) *Papers from the Upenn/MIT roundtable on argument structure and aspect*. Cambridge, Massachusetts: MIT Working Papers in Linguistics, 1998. p. 119-137. (MIT Working Papers in Linguistics, 32)

KUTAS, M.; KING, J. W. The potentials for basic sentence processing differentiating integrative processes. In: Inui, Toshio; MCCLELLAND, J. L. (Eds.) *Attention and performance: information integration in perception and communication*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, A Bradford Book, v. 16, 1996. p. 501-546.

KUTAS, M.; VAN PETTEN, C. K. Psycholinguistics electrified: event-related brain potential investigations. In: GERNSBACHER, M. A. (Ed.) *Handbook of Psycholinguistics*. New York: Academic Press, 1994. p. 83-144.

KUTAS, M.; HILLYARD, S. A. Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, Hampshire, England, v. 307, n. 5947, p. 161-163, 1984.

KUTAS, M.; HILLYARD, S. A. Reading senseless: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, Washington, v. 207, n. 4427, p. 203-205, January 11, 1980.

LAGE, A. C. *Aspectos neurofisiológicos de concatenação e idiomacidade em português do Brasil: um estudo de potenciais bioelétricos relacionados a eventos lingüísticos (ERPs)*. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005. 185 p.

LAGE, A. C. Concatenações do objeto e do sujeito em português e em alemão: conclusões de experimentos psicolingüísticos *on-line*. *Linguística*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 81-108, junho 2005.

LEMLE, M. Mudanças sintáticas e sufixos latinos. *Linguística*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 5-44, junho 2005.

MARANTZ, A. No escape from morphemes in morphological processing. *Language and Cognitive Processes*. London, v. 28, n. 7, 2013.

MARANTZ, A. Locality domains for contextual allomorphy across the interfaces. In: MATUSHANSKY, O.; MARANTZ, A. (eds.) *Distributed Morphology today: Morphemes for Morris Halle*. Cambridge, MA: MIT Press, 2013. p. 95-115

MATUSHANSKY, O.; MARANTZ, A. Generative linguistics within the cognitive neuroscience of language. *The Linguistic Review*, v. 22, n. 2, p. 429-445, January 2005.

MATUSHANSKY, O.; MARANTZ, A. *Words*. Handout of a talk at the XX West Coast Conference on Formal Linguistics, University of Southern California, 2001. 29 p. Disponível em: <http://web.mit.edu/~marantz/Public/WCCFL.doc>

MATUSHANSKY, O.; MARANTZ, A. No escape from syntax: Don't try morphological analysis in the privacy of your own lexicon. *University of Pennsylvania Working Papers in Linguistics* (PWPL), Pennsylvania, v. 4, n. 2, Proceedings of the 21st Annual Penn Linguistics Colloquium, p. 201-225, 1997.

MATUSHANSKY, O.; MARANTZ, A. "Cat" as a phrasal idiom: consequences of late insertion in Distributed Morphology. Cambridge, Massachusetts: MIT, 1996, ms. 24 p.

OSTERHOUT, L.; HOLCOMB, P. J. Event-related potentials and language comprehension. In: RUGG, M. D.; COLES, M. G. H. (Eds.) *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition*. New York: Oxford University Press, 1995. p. 171-215. (Oxford Psychology Series, 25)

PIATTELLI-PALMARINI, M. What is language, that it may have evolved, and what is evolution, that it may apply to language. In: LARSON, R. K.; DÉPREZ, V.; YAMAKIDO, H. (Eds.). *The evolution of human language*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. p. 148-163.

PYLKKÄNEN, L.; MARANTZ, A. Tracking the time course of word recognition with MEG. *Trends in Cognitive Sciences*, New York, v. 7, n. 5, p. 187-189, May 2003.

PYLKKÄNEN, L.; STRINGFELLOW, A.; MARANTZ, A. Neuromagnetic evidence for the timing of lexical activation: an MEG component sensitive to phonotactic probability but not to neighborhood density. *Brain and Language*, Amsterdam, v. 81, n. 1-3, p. 666-678, April 2002.

PYLKKÄNEN, L.; FEINTUCH, S.; HOPKINS, E.; MARANTZ, A. Neural correlates of the effects of morphological family frequency and size: an MEG study. *Cognition*, Amsterdam, v. 91, n. 3, p. B35-B45, April 2004.

PYLKKÄNEN, L.; GONNERMAN, L.; STRINGFELLOW, A.; MARANTZ, A. *Disambiguating the source of phonological inhibition effects in lexical decision: an MEG study*. Department of Psychology and Linguistics, New York University; Department of Psychology, Lehigh University; Department of Cognitive Science,

University of California at San Diego; 2005, ms. 27 p. Disponível em: [www.psych.nyu.edu/pylkanen/papers/Inhibition\\_ms\\_CBR\\_w\\_figs\\_submitted.pdf](http://www.psych.nyu.edu/pylkanen/papers/Inhibition_ms_CBR_w_figs_submitted.pdf)

ROTHMAN, J.; CHOMSKY, N. Towards eliminating arbitrary stipulations related to parameters: linguistic innateness and the variational model. *Linguistic approaches to bilingualism*, v. 8, n. 6, p. 764-769, 2018.

SAUSSURE, F. *Curso de lingüística geral*. Tradução de Antônio Chelini, José Paulo Paes e Izidoro Blikstein. 3. ed. São Paulo: Cultrix, 1916/1969. 279 p.