

ARMAZENAMENTO VS. DECOMPOSIÇÃO DO GÊNERO GRAMATICAL DO PORTUGUÊS: UM ESTUDO ELETROFISIOLÓGICO

por Natália Carolina Alencar de Resende (UFSC)¹, Mailce Borges Mota (UFSC)²
e Aline Gesualdi-Manhães (CEFET-RJ)³

RESUMO

No presente estudo, investigamos o processamento de itens transparentes e opacos quanto ao gênero gramatical do português brasileiro (PB) através do registro de potenciais relacionados a evento (ERPs). Participaram do estudo seis falantes nativos do PB, que foram solicitados a julgar a gramaticalidade de sentenças quanto à concordância de gênero. Os resultados apontam para uma distinção neurofisiológica no processamento de formas transparentes e opacas.

PALAVRAS-CHAVE: Gênero Gramatical; Neurocognição do português; potencial relacionado a evento; ERP.

STORAGE VS. DECOMPOSITION OF GRAMMATICAL GENDER IN PORTUGUESE: AN ELECTROPHYSIOLOGICAL STUDY

ABSTRACT

In the present study, we investigate the processing of transparent vs. opaque forms regarding grammatical gender in Brazilian Portuguese by means of event-related potentials recording. To this end, six native speakers of Brazilian Portuguese were asked to perform a grammatical judgment task of gender agreement. The results suggest that transparent forms and opaque forms are processed by distinct neurophysiological mechanisms.

KEYWORDS: Grammatical Gender; Neurocognition of Portuguese; event-related brain potential; ERP.

1. Doutoranda em Linguística na Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em *Natural Language Processing and Human Language Technologies* (Erasmus Mundus) pela University of Wolverhampton, Reino Unido, e pela Universidade do Algarve, Portugal.

2. Professora Associado II do Departamento de Língua e Literatura Estrangeiras da Universidade Federal de Santa Catarina, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq e Doutora em Linguística Aplicada pela Universidade Federal de Santa Catarina.

3. Professor Adjunto do Programa de Mestrado e do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro Celso Suckow da Fonseca, Bolsista de Pós-Doutorado no Exterior do CNPq e Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e, em Doutorado Sanduíche, pela European Organization for Nuclear Research (CERN).

1 INTRODUÇÃO

No amplo debate sobre a natureza da faculdade da linguagem persiste uma questão que é considerada relevante tanto para a linguística quanto para as ciências cognitivas: esta faculdade é melhor representada como um sistema dual ou como um sistema unitário? Os modelos teóricos de via dual (CHOMSKY, 1995; PINKER; PRINCE, 1994; PINKER, 1991; ULLMAN, 1997; ULLMAN, 2001) postulam que a linguagem humana compreende dois sistemas distintos: um léxico mental e uma gramática mental. Em contrapartida, os modelos unitários (BATES; WULFECK, 1989; BATES; WULFECK, 1991; BATES; MacWHINNEY, 1989; MacWHINNEY, 1997; MacWHINNEY, 2002, 2001, 2005; CHATER; MANNING, 2006) não admitem uma distinção cognitiva entre a gramática mental e o léxico mental. Para os pesquisadores dessa vertente, só há um sistema para o processamento da linguagem: um mecanismo associativo que funciona como rede integrada de conexões neurais (BYBEE, 1995).

Uma forma de testar as hipóteses levantadas por uma e outra visão teórica é contrastar o processamento de itens lexicais regulares e irregulares das línguas naturais. Modelos de via dual diferem dos modelos unitários no tratamento do contraste existente entre itens regulares e irregulares. De acordo com os pressupostos dos modelos de via dual, itens regulares, previsíveis em sua forma, são processados pela gramática mental, um sistema responsável pela computação de regras tais como a concatenação de uma base a um afixo: por exemplo, na formação do passado do inglês, a concatenação do morfema *-ed* (*walk-walk+ed*) (cf. PINKER, 1991; ULLMAN, 2001). Assim, esse sistema é especializado no processamento de formas regulares complexas, passíveis de decomposição. A gramática mental integra, também, a computação de regras sintáticas, morfossintáticas e fonológicas (cf. ULLMAN, 2001). Por outro lado, itens irregulares, imprevisíveis em sua forma, são armazenados no léxico mental. O léxico mental seria um sistema de memória associativa responsável pelo armazenamento e processamento dos diversos itens lexicais, como palavras simples (ex.: *mulher*), formas mais complexas (ex.: *mesa-redonda*). Esse sistema é sensível à frequência de uso das palavras.

Segundo os modelos de via dual, a gramática mental e o léxico mental são sistemas neurocognitivos distintos (ULLMAN, 2001; PINKER, 1991, 1999). Por exemplo, o Modelo Declarativo/Procedural (doravante MDP), proposto por Ullman (2001), assume que os substratos neurais do léxico mental e da gramática mental são sistemas separados, mas interdependentes que funcionam cooperativamente e competitivamente. Ullman (2001) afirma que o léxico mental depende das estruturas do sistema de Memória Declarativa, enquanto a gramática mental depende das estruturas do sistema de Memória Procedural (cf. ULLMAN, 2005). A Memória Declarativa, por sua vez, depende das estruturas do lobo temporal medial, como o hipocampo e estruturas relacionadas, as quais estão conectadas às regiões temporais e parietais do córtex cerebral. As estruturas frontais e os gânglios da base subjazem à Memória Procedural. De acordo com o MDP, os gânglios da base estão conectados às estruturas do córtex frontal via o tálamo (cf. ULLMAN, 2001).

Na visão dual de processamento, a frequência de ocorrência dos itens lexicais não interfere no processamento de itens regulares, já que esses são processados via sistema de computação de regras,

ao passo que os itens idiossincráticos em sua forma, são acessados via léxico mental. O léxico mental, por sua vez, representa uma memória associativa sobre a qual incidem efeitos de frequência.

A visão dual de processamento e representação de itens regulares e irregulares tem sido veementemente contestada pelos modelos conexionistas (por exemplo, RUMELHART; McCLELLAND, 1986; SEINDEBERG; McCLELLAND, 1989) e por outros modelos de via única como, por exemplo, o *Network Model*, proposto por Bybee (1995). Em oposição aos modelos de via dual, esses modelos rejeitam a ideia de dissociação neurocognitiva para o processamento e representação da morfologia/fonologia e da sintaxe. Para o *Network Model* e modelos conexionistas, tanto itens regulares, transparentes e previsíveis em sua forma, bem como itens irregulares, opacos e imprevisíveis em sua forma, estão representados e armazenados em uma memória associativa e por ela são processados. Portanto, para os modelos conexionistas e modelos de via única, a frequência de uso afeta o processamento tanto de itens lexicais regulares quanto de itens irregulares.

Em decorrência da dicotomia existente entre as duas perspectivas, ao longo das últimas décadas, diversos estudos surgiram com o objetivo de testar as hipóteses levantadas por um e outro arcabouço teórico. No entanto, grande parte desses estudos tem como foco de análise a representação e o processamento da flexão verbal das línguas naturais (por exemplo, BROVETTO; ULLMAN, 2005; PINKER, 1993) e, em menor proporção, a flexão de número (por exemplo, BAAYENS; DIJKSTRA; SCHREUDER, 1997; CLAHSEN, EISENBEISS; SONNENSTUHL, 1997). No presente estudo, propomos, como forma de testar as hipóteses dos modelos de via dual e dos modelos de via única, investigar o processamento de itens transparentes vs. itens opacos quanto ao gênero grammatical do português do Brasil (doravante PB). Como veremos na próxima seção deste artigo, o gênero grammatical do PB fornece os subsídios necessários para a investigação aqui proposta.

2. SOBRE O GÊNERO GRAMATICAL DO PORTUGUÊS DO BRASIL

O gênero (masculino ou feminino) é uma propriedade inerente a todos os nomes substantivos do português. Essa propriedade tem repercussões no nível sintático, já que a concordância de gênero no nível sintático entre determinantes (artigos, pronomes), numerais, adjetivos e substantivos depende do gênero do substantivo.

Nos substantivos que designam seres animados (traço [+humano]), o gênero refere-se a uma propriedade semântica: o sexo biológico. Esses são casos do Gênero Natural (cf. CORBETT, 1991). O gênero dos substantivos inanimados (traços [-humano], [-animado]), por sua vez, não se refere ao sexo biológico, apenas desempenha um papel formal para fins de concordância nominal e, por isso, é referenciado nas gramáticas do português como o Gênero Gramatical.

Como regra geral, os substantivos de gênero feminino do português são os de terminação em *-a* (por exemplo, *menina*, *vaca*, *mesa*, *casa*), e terminação em *-o* para palavras do gênero masculino (por

exemplo, *menino, carro, banco*). Essa regra se aplica tanto aos substantivos animados (traço [+humano] [+animado]) quanto aos substantivos inanimados (traços [-humano], [-animado] e [+animado]). Essas são as chamadas formas regulares e transparentes quanto ao gênero. Nos substantivos animados humanos em que se pode estabelecer uma oposição feminino/masculino, o masculino é a forma não marcada, e o feminino é a forma marcada (cf. CÂMARA, Jr., 1979). A vogal final *-a* (*menin-a, moç-a*) é um morfema, pois se trata de uma desinência de gênero, dado que é por meio dessa desinência que se estabelece o contraste de gênero feminino/masculino. Sendo assim, a informação sobre o gênero de um vocábulo se realiza de duas maneiras: na estrutura morfológica, quando há desinência de gênero para oposição feminino/masculino, ou na estrutura fonológica, quando se trata de substantivos inanimados: palavras femininas apresentam tema em *-a*; e masculinas, tema em *-o* (CORBETT, 1991). Nesses casos, a terminação dos substantivos representa o traço preditivo para a atribuição de gênero bem como para a concordância de gênero no nível sintático. Vale ressaltar que a regra geral é uma regra produtiva, isto é, é a regra *default*. Uma prova dessa produtividade são estudos (por exemplo, NASCIMENTO, 2006; NAME, 2002) que mostram que se atribui o gênero feminino a pseudopalavras que terminam em *-a*, e gênero masculino a pseudopalavras que terminam em *-o*.

Apesar da produtividade da regra geral (morfológica ou fonológica), é possível encontrar (semi) regularidades para o reconhecimento do gênero na estrutura fonológica de substantivos opacos. Por exemplo, substantivos com terminação em *-ade, -agem* são sempre femininos (*cidade, vaidade, qualidade, coragem, imagem*). Substantivos inanimados abstratos terminados em *-ão* são sempre femininos, como *visão, razão, canção*, mas substantivos concretos terminados em *-ão* são, via de regra, masculinos, como: *coração, fogão, caminhão*. Substantivos terminados em *-ema* (*problema, sistema, edema, fonema, grafema*) e *-or* (*valor, amor, vapor*) são sempre masculinos. As únicas exceções à última regra são os substantivos femininos *dor, flor* e *cor*.

No entanto, um grande conjunto de palavras do português não apresenta em sua forma nenhuma pista para reconhecimento de seu gênero gramatical ou natural, como (*o*) *leite*, (*a*) *noite* e (*o*) *abacaxi*, (*o*) *homem* e (*a*) *mulher*. O português apresenta ainda casos de substantivos cuja a terminação contradiz o seu gênero. Por exemplo, a terminação em *-ão* dos substantivos abstratos femininos contradiz o seu gênero. Essa contradição também está presente nos substantivos masculinos que terminam em *-a*, como: *o sofá, o dia, o poeta*. Esses são os casos dos substantivos irregulares quanto ao gênero. Portanto, no português, há nomes substantivos que permitem estabelecer uma relação entre a terminação da palavra e o seu gênero gramatical ou natural, e substantivos opacos e irregulares quanto ao gênero cuja relação forma (fonológica ou morfológica) e gênero não pode ser estabelecida.

Quando se trata de substantivos que designam seres animados opacos em sua forma como *homem, mulher, poeta*, a atribuição de gênero tem como base o sexo biológico da entidade. No entanto, essa regra não se aplica a casos de seres animados cuja oposição de sexo (feminino/masculino) não é saliente (substantivos com traço [+animado] e [-humano]), como: (*o*) *peixe, a cobra, o jacaré*. Portanto, a atribuição de gênero por parte dos falantes do português aos substantivos animados não humanos, bem como aos substantivos inanimados opacos, depende da forma fonológica dos vocábulos, isto é, suas terminações, ou da memória de seu gênero, quando a regra da terminação não

se aplica. Sendo assim, a pergunta que se faz é: como os falantes nativos do português sabem o gênero dos substantivos inanimados dado que esses não apresentam uma correlação com a noção de sexo? Uma possível resposta para essa pergunta é a de que a atribuição de gênero para fins de concordância no nível sintático se dá por meio da aplicação da regra da terminação dos vocábulos. Quando se trata de itens opacos (incluindo os irregulares), a aplicação da regra é inibida, e os falantes realizam a concordância com base na memória do gênero da palavra. Isso significa dizer que os falantes nativos do português usam diferentes estratégias para realizar a concordância no nível sintático e, possivelmente, diferentes mecanismos neurocognitivos.

Vários estudos para línguas que apresentam marcação de gênero mostraram os efeitos da transparência vs. opacidade na atribuição do gênero gramatical a substantivos inanimados. No estudo de Desrochers, Paivio e Desrochers (1989) para o francês, por exemplo, participantes foram mais rápidos na atribuição de gênero para formas transparentes (terminação em *-a* para formas femininas, e *-o* para formas masculinas) do que para formas opacas (outras terminações). O mesmo efeito foi encontrado por Taft e Meunier para o francês (1998) e por Bates *et al.* (1995) para o italiano. Nesses estudos, efeitos de frequência não foram encontrados no processamento de formas transparentes. Esses resultados sugerem a ativação de um mecanismo de aplicação de regras de natureza computacional como proposto pelos modelos de via dual. Efeitos similares foram encontrados para o processamento do gênero gramatical do hebraico (GOLLAN; FROST, 2001), alemão (HOHLFELD, 2006) e, recentemente, do espanhol (DOMINGUEZ; MORALES, 2014). A consistência dos resultados de estudos comportamentais sugerem uma relação estreita entre terminação e atribuição de gênero. Sugerem, ainda, que há uma distinção no processamento de formas transparentes e opacas quanto ao gênero. Esses efeitos parecem ser análogos aos efeitos de regularidade observados no processamento de formas regulares e irregulares do passado do inglês (por exemplo, ULLMAN, 1999).

3. O PRESENTE ESTUDO

Partindo do debate entre os modelos de via dual e modelos de via única sobre o processamento e representação neurocognitiva de itens regulares e irregulares, o presente estudo tem como principal objetivo investigar de que forma itens transparentes e opacos quanto ao gênero são acessados durante o processamento da concordância de gênero no sintagma nominal.

Diferentes métodos têm sido adotados para investigar os aspectos neurocognitivos do processamento da linguagem. Entre eles, destacam-se os métodos eletrofisiológicos, em particular, o registro de potenciais relacionados a eventos (*event-related brain potentials – ERPs*). No estudo aqui proposto, adotamos como método de pesquisa o registro e análise de ERPs. O estudo dos ERPs pode revelar as características temporais e espaciais dos processos neurocognitivos de vários aspectos da linguagem, incluindo os semânticos, sintáticos, morfossintáticos e fonológicos.

Os estudos de ERPs têm mostrado diferentes padrões de atividade neural no processamento da linguagem. Os componentes de ERP mais observados no processamento da linguagem são o N400,

o P600 e os LANs. Para a geração desses componentes, muitos estudos adotam o paradigma da violação, isto é, incongruências semânticas e anomalias (morfossintáticas) internas às sentenças. Exemplos de violações são:

- (1) Semântica: * *Eu sempre tomo café com taxi*;
- (2) Morfossintática: * *Ele abriu o porta do carro*;
- (3) Sintática: * *Ele arroz comeu no almoço*.

Violações semânticas são associadas ao componente N400. O componente N400 é gerado principalmente nas regiões centro-parietais em uma única fase entre 200ms e 600ms após o estímulo violado (cf. KUTAS; FEDERMEIER, 2010). Kutas e Federmeier (2010) explicam que a latência e a amplitude do N400 dependem do tipo de violação semântica. Quanto mais inesperada a palavra no contexto semântico em que está inserida, maior a amplitude da negatividade. Esse componente está altamente relacionado à expectativa de encaixe da palavra no contexto semântico da sentença. Coulson *et al.* (1998) esclarecem que menores amplitudes do componente N400 têm sido interpretadas como reflexo de uma redução na dificuldade de integração semântica das sentenças.

O componente N400 tem sido observado também no processamento morfológico. Por exemplo, em um estudo seminal, Münte *et al.* (1999) usaram uma tarefa de *priming* com o objetivo de investigar diferenças entre os processamentos da morfologia flexional verbal regular e irregular do passado do inglês. Nesse estudo, 19 participantes leram a forma infinitiva de verbos regulares e irregulares as quais eram precedidas (*primed*) ou não (*unprimed*) por suas formas flexionadas no passado. Os resultados mostram uma redução do N400 apenas no processamento de verbos regulares do passado do inglês que eram precedidos por sua forma flexionada (condição *primed*). O mesmo efeito não foi encontrado no processamento de itens irregulares na condição *primed*. Na interpretação dos resultados, os autores concluem que apenas verbos regulares são decompostos em sua forma durante o processamento.

No que se refere ao processamento de tipo sintático e morfossintático, os estudos eletrofisiológicos têm documentado o aparecimento de uma onda de valência positiva e latência entre 500ms a 900ms (cf. FRIEDERICI, 2002) para violações de tipo sintático/morfossintático para estímulos passíveis de decomposição com incongruência na concordância. Essa positividade foi encontrada para anomalias na concordância nominal de número e de gênero (cf. GILLON-DOWNES *et al.*, 2011; BANÓN, FIORENTINO; GABRIELE, 2012) e na concordância verbal, bem como na estrutura sintática de sentenças (BOWDEN, 2007). Essa onda, denominada P600, atinge seu pico máximo nas regiões centro-parietais, apesar de sua larga distribuição no escalpo (cf. FRIEDERICI, 2002).

O *design* do presente estudo foi planejado com o objetivo de detectar os componentes acima descritos. Neste estudo, vamos nos deter na análise dos componentes N400 e P600. Estes componentes, como mostramos, estão associados ao processamento dos vários aspectos da linguagem humana. Aqui nos interessa o processamento da concordância de gênero no PB. As perguntas que guiaram esta investigação foram:

- i) Itens transparentes quanto ao gênero são decompostos em sua forma durante o processamento da concordância no sintagma nominal?
- ii) Itens opacos quanto ao gênero são acessados no léxico mental em sua forma pronta durante o processamento da concordância no sintagma nominal?

Em consonância com os modelos de via dual, acreditamos que itens transparentes quanto ao gênero são decompostos em sua forma durante o processamento da concordância de gênero no sintagma nominal. A decomposição seria um produto da análise da estrutura fonológica das palavras para fins de concordância com os elementos que compõem o sintagma nominal, como determinantes e adjetivos. Sendo assim, nossa hipótese é a de que encontraremos diferenças de amplitude e latência nos componentes P600 e N400 entre o processamento da concordância de gênero com itens transparentes e opacos. Acreditamos, também, que a frequência dos itens moldam os componentes P600 e N400.

4. METODOLOGIA

4.1. Participantes

Participaram voluntariamente do experimento seis sujeitos falantes nativos do PB, entre 27 e 48 anos de idade, alunos dos cursos de Graduação e Pós-Graduação da *Universidade Federal de Santa Catarina* (UFSC). Todos os sujeitos eram destros, com visão normal ou corrigida, sem relato de desordens neurológicas. O presente estudo foi aprovado junto ao *Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade*: Parecer número 359.055, aprovação número 16623613.8.0000.0121.

4.2. Estímulos

Para a construção do experimento, 288 sentenças declarativas foram criadas contendo ou não uma violação na concordância de gênero: 144 sentenças violadas e 144 sentenças não violadas. Para construção das sentenças, manipulamos dois aspectos: frequência de ocorrência (frequentes vs. infrequentes) e forma (transparência vs. opacidade). As sentenças foram construídas em duas condições: Na *Condição 1*, 72 sentenças continham uma violação entre o determinante e o substantivo; e na *Condição 2*, 72 sentenças continham uma violação entre o substantivo e o adjetivo. As sentenças da *Condição 1* continham substantivos transparentes frequentes (14 masculinos e 14 femininos) e infrequentes (14 masculinos e 14 femininos) e substantivos opacos frequentes (14 masculinos e 14 femininos) e infrequentes (14 masculinos e 14 femininos). As sentenças da *Condição 2* continham bigramas (substantivos seguidos de adjetivos) transparentes frequentes (14 masculinos e 14 femininos) e transparentes infrequentes (14 masculinos e 14 femininos), bem como bigramas em que os substantivos eram opacos frequentes (14 masculinos e 14 femininos) e infrequentes (14 masculinos e 14 femininos). As 64 sentenças restantes foram construídas com pseudopalavras, as quais foram incluídas no experimento para servirem de itens distratores.

Os substantivos e bigramas transparentes (frequentes e infrequentes) e opacos (frequentes e infrequentes) foram extraídos do *Corpus Brasileiro*, disponível no sítio da *Linguateca*⁴. Para o

4. www.linguateca.pt

controle da frequência dos substantivos e bigramas, utilizamos também o motor de buscas *Google* e o julgamento de 10 falantes nativos do português quanto à frequência e infrequência de uso dos itens.

Foram considerados substantivos transparentes quanto ao gênero os femininos terminados em *-a* e os masculinos terminados em *-o*. Foram considerados substantivos opacos quanto ao gênero: os substantivos femininos terminados em *-o*, os masculinos terminados em *-a* e os substantivos terminados em *-e* ou consoante. Todos os adjetivos dos bigramas selecionados eram variáveis e, por isso, flexionavam em gênero com o substantivo (ex.: água pura, noite clara). Selecionamos apenas substantivos que designam seres inanimados e de complexidade fonológica aproximada: contendo de três a cinco fonemas e de três a cinco grafemas. Os bigramas selecionados também continham complexidade fonológica aproximada: de 8 a 10 fonemas e de 8 a 10 grafemas.

Todas as sentenças continham a mesma quantidade de vocábulos. Na *Condição 1*, havia 144 sentenças (violadas e não violadas) contendo seis vocábulos (*pronom - verbo - determinante - substantivo - preposição - substantivo*); e na *Condição 2*, 144 sentenças (violadas e não violadas) contendo sete vocábulos (*pronom - verbo - determinante - substantivo - adjetivo - preposição - substantivo*). Todas as sentenças foram construídas na ordem canônica do português.

Exemplos de sentenças violadas na Condição 1:

- (a) Violação na concordância com itens transparentes: *Ela tocou a sino da igreja.*
- (b) Violação na concordância com itens opacos: *Ele abriu o rede dos pescadores.*

Exemplos de sentenças violadas na Condição 2:

- (a) Violação na concordância com itens transparentes: *Ela bebeu a água puro do poço.*
- (b) Violação na concordância com itens opacos: *Ela formou a base sólido do grupo.*

Note-se que, na *Condição 1*, a incongruência na concordância encontra-se entre o determinante e o substantivo; e na *Condição 2*, entre o substantivo e o adjetivo. Portanto, a violação na *Condição 1* ocorria sempre no quarto vocábulo; e na *Condição 2*, sempre no quinto vocábulo.

4.3. Procedimentos de coleta

A coleta dos sinais eletrofisiológicos usou o eletroencefalograma BrainNet BNT36, fabricado especialmente para a utilização em pesquisas de captação de ERPs. Os 22 eletrodos, de superfície de prata, foram aderidos ao couro cabeludo de cada participante com pasta condutora que auxilia a fixação do eletrodo e a condução do sinal. Os eletrodos foram manualmente posicionados, obedecendo ao sistema internacional 10-20. Dois eletrodos foram posicionados sobre a pele nos lóbulos auriculares (A1 e A2) e um eletrodo no centro da testa (FPz).

Durante a captação dos sinais eletrofisiológicos, seis participantes realizaram uma tarefa de julgamento gramatical de sentenças violadas e não violadas quanto à concordância de gênero. Os participantes

realizaram a tarefa individualmente, sentados confortavelmente em uma cadeira giratória de frente para a tela do computador, de marca *Lenovo*. Os 288 estímulos foram apresentados em um monitor, da marca LG (Flatron L1755S), sendo os estímulos em branco no fundo preto e fonte *Corrier New* tamanho 18. Os estímulos foram randomizados entre os participantes, isto é, apareceram em diferentes ordens para cada um deles. O experimento foi programado no software *E-Prime 2.0*.

Antes do início dos experimentos, os participantes foram submetidos a uma sessão de treino, para garantir a boa compreensão da tarefa. A sessão de treino tinha início com a apresentação das instruções na primeira tela da tarefa. A sessão de treino apresentou seis estímulos, três estímulos de cada condição. Esses estímulos não fizeram parte da lista de estímulos da tarefa principal. Todos os participantes foram submetidos aos procedimentos de treino, pelo menos, duas vezes.

A apresentação dos estímulos da tarefa principal foi precedida de uma cruz de fixação com duração de um segundo (1000ms). Os vocábulos de cada uma das 288 sentenças apareciam individualmente na tela por 400ms e eram seguidos por uma tela em branco de 100ms, totalizando 500ms por vocábulo. Portanto, sentenças na *Condição 1* foram apresentadas em um total de 3 segundos; e na *Condição 2*, em um total de 3,5 segundos.

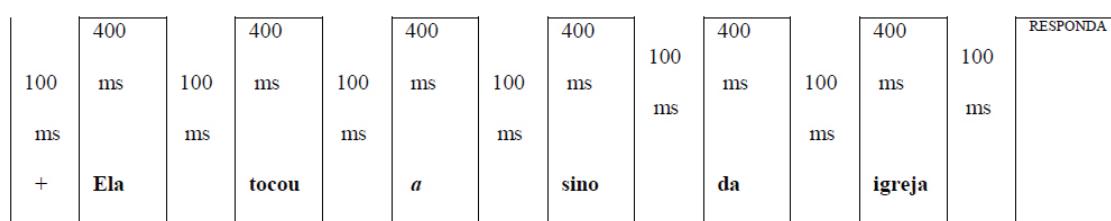


Figura 1: Representação esquemática dos procedimentos de estimulação da *Condição 1*

Duas pausas foram introduzidas na programação do experimento: uma pausa a cada 96 estímulos apresentados.

4.4. A análise dos dados de ERP

Para a análise dos dados de ERP, os programas EEGLAB (DELORME, 2004) e ERPLAB (LUCK, 2013) foram utilizados. Os sinais de ERP foram filtrados por um filtro passa-baixas digital Butterworth de 30Hz, para remoção de interferências de rede elétrica. Em seguida, uma inspeção manual das épocas para eliminação de artefatos como piscadas e movimento muscular foi realizada. Esses procedimentos foram seguidos em todos os arquivos ETR gerados para os sinais de cada sujeito. Na sequência, a média global (*Grand Average*) dos ERPs foi calculada para o grupo de seis voluntários.

As análises estatísticas foram feitas utilizando ANOVA, medidas repetidas e teste-t, por pares, para comparar as ondas por hemisfério (esquerdo vs. direito), forma (transparência x opacidade) e frequência (frequentes x infrequente), bem como frequência (transparência x opacidade) e infrequência (transparência x opacidade). A medida por ANOVA verifica se houve diferença estatística dos fatores (hemisfério, forma e frequência), e o teste-t apresenta onde especificamente ocorreu a diferença.

5. RESULTADOS

A Figura 2 ilustra o mapa dos agrupamentos de eletrodos. As Figuras 3 e 4 exibem os ERPs gerados para os agrupamentos dos hemisfério (esquerdo, direito) na posições anterior, posterior e central, para sentenças violadas e não violadas. Os estímulos agrupados referem-se às categorias de estímulos na *Condição 1* e *Condição 2*. Esses estímulos contêm ou não uma violação entre determinante e substantivo (*Condição 1*) e entre substantivo e adjetivo (*Condição 2*).

Como pode ser visto na Figura 3, sentenças contendo violações na concordância com palavras opacas frequentes evocaram um N400 atingindo seu pico máximo na posição central próximo aos 500ms. Violações com itens transparentes frequentes evocaram também um N400 de menor amplitude com latência mais anterior (próximo aos 300ms), atingindo seu pico máximo nas regiões posteriores e centrais. Violações em estímulos transparentes frequentes evocaram uma positividade (próxima aos 900ms) consistente com a janela do P600, atingindo seu pico máximo nas regiões centrais. A inspeção visual da Figura 4 sugere uma tendência à negatividade para violações em sintagmas com itens transparentes infrequentes com pico entre 300 e 400ms. Na Figura 4, é possível observar, também, que violações em palavras opacas infrequentes evocaram um P600 com latência mais anterior (700ms) que a latência do P600 para violações no sintagma nominal com itens transparentes frequentes (900ms) e menor amplitude.

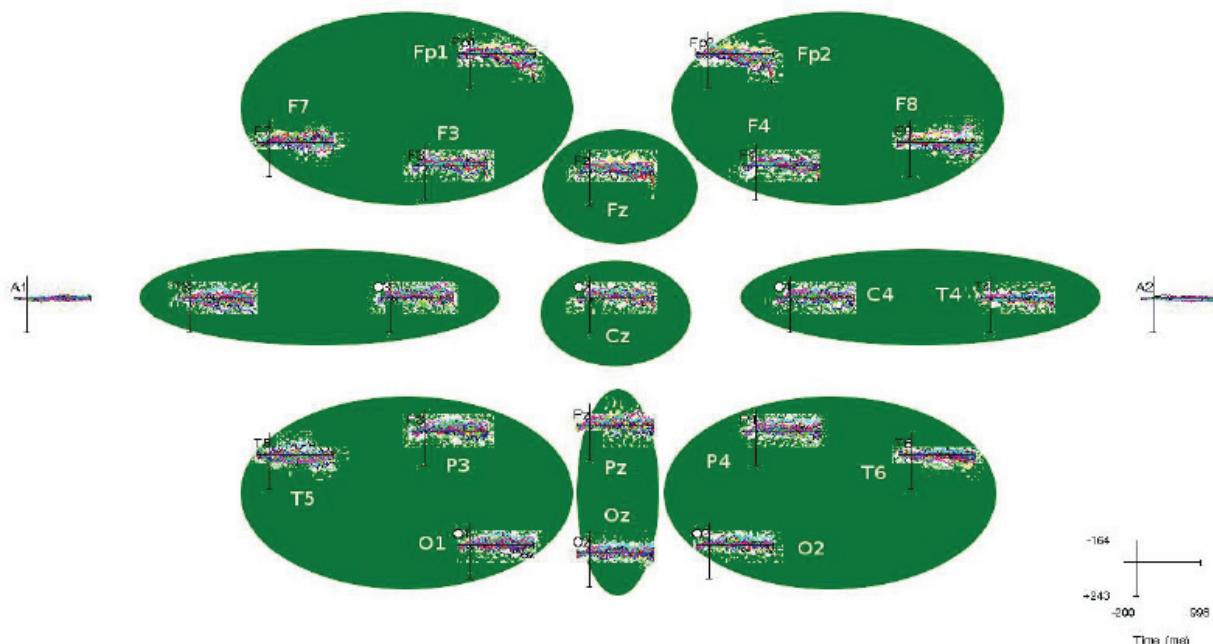


Figura 1: Agrupamento de eletrodos para as posições anteriores, centrais e posteriores.

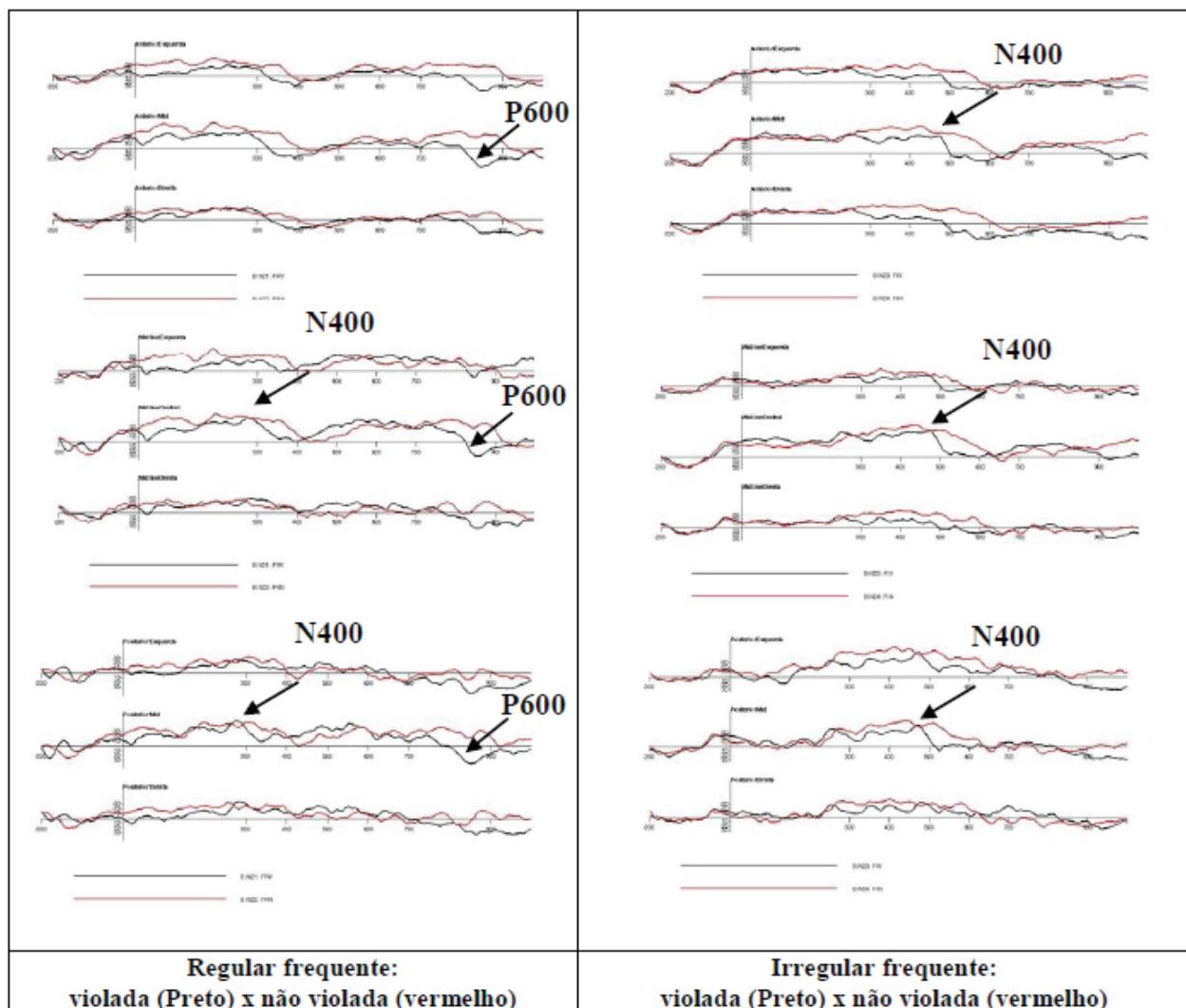


Figura 3: Média Global dos ERPs. Sentenças violadas e não violadas em palavras frequentes (transparentes e opacas). Posições (de cima para baixo): Anterior (esquerda, direita e central); Central (esquerda, direita e central); Posterior (esquerda, direita e central).

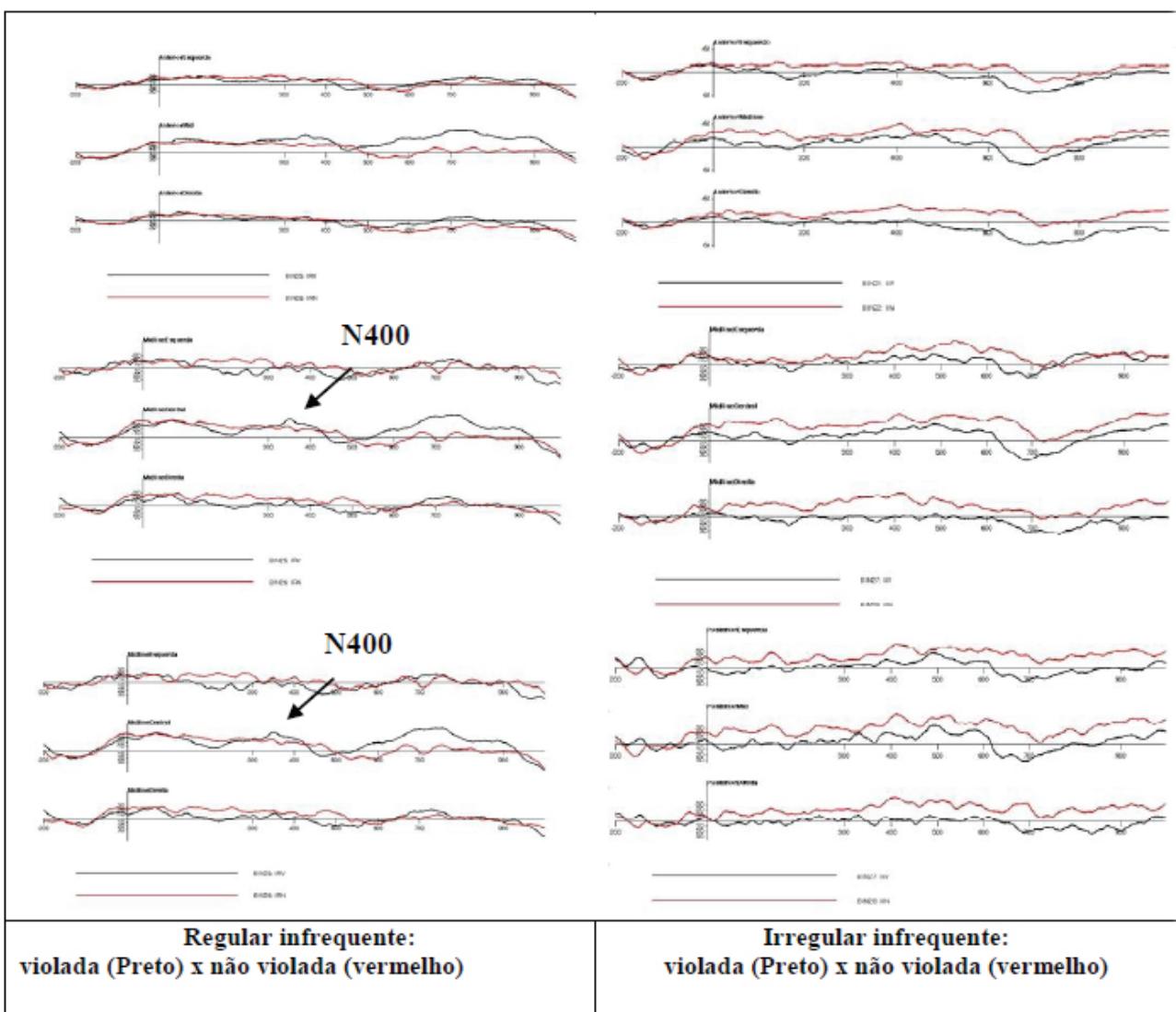


Figura 4: Média Global dos Erps. Sentenças violadas e não violadas em palavras infreqüentes (transparentes e opacas). Posições (de cima para baixo): Anterior (esquerda direita e central); Central (esquerda, direita e central); Posterior (esquerda, direita e central).

5.1. Análises estatísticas: hemisférios esquerdo e direito

Para as análises estatísticas na comparação dos ERPs por hemisfério, foram considerados os sinais coletados nas derivações F7, F3, T3, C3, T5, P3 e O1, para o hemisfério esquerdo; e as derivações F8, F4, T4, C4, T6, P4 e O2, para o hemisfério direito. A área sob a curva foi medida para dois intervalos de tempo distintos, e foram feitas medidas estatísticas.

Intervalo de 300 a 500ms. Os resultados da estatística ANOVA medidas repetidas para a comparação por hemisfério (esquerdo x direito) de sentenças violadas no intervalo de 300 a 500ms mostraram diferenças estatísticas entre Forma ($F(1,83)=6,417$ $p=0,013$) e Frequência ($F(1,83)=6,696$ $p=0,011$), não havendo diferença estatística entre hemisférios. A comparação par a par pelo teste-t foi realizada de forma a saber exatamente onde ocorreu a diferença estatística. A Tabela 1 apresenta os resultados.

Tabela 1: Resultados do teste-*T* pareado.

Frequência	Regularidade	Hemisfério	Teste-t
Frequente	transparente	Esquerdo	$t=2,223$ df=83 $p=0,029$
	x		
Frequente	opacas	Direito	$t=-2,118$ df=83 $p=0,037$
	x		
Infrequente	Opacas		

Intervalo de 500ms a 900ms. Neste intervalo, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os fatores Forma e Frequência pelo teste ANOVA medidas repetidas. O teste-t pareado mostrou haver diferença estatística somente no fator Forma (violações em palavras transparentes infrequentes vs. transparentes frequentes) no hemisfério direito com $t=-2,101$ df=83 $p=0,039$.

5.2. Análises estatísticas: Posições Anterior, Posterior e Central

Para as análises estatísticas na comparação dos ERPs nas localizações anterior, posterior e central, foram considerados os sinais coletados nas derivações F7, F3, Fz, F4 e F8, para a posição Anterior; T3, C3, Cz, C4 e T4, para a posição Central; e T5, P3, Pz, P4 e T6, para a posição Posterior. A área sob a curva foi medida para dois intervalos de tempo distintos, e foram feitas medidas estatísticas.

Intervalo de 300 a 500ms. Foram observadas diferenças estatísticas entre Forma ($F(1,59)=4,848$ $p=0,032$) e Frequência ($F(1,59)=4,556$ $p=0,037$). A comparação par a par pelo teste-*T* foi realizada com o objetivo de investigar exatamente onde ocorreu a diferença estatística. A Tabela 2 apresenta os resultados.

Tabela 2: Resultados do teste-T pareado.

Frequência	Regularidade	Posição	Teste-t
<u>Frequentes</u>			
<u>x</u>	<u>Transparentes</u>	<u>Anterior</u>	$t=2,065 \text{ df}=59$ $p=0,043$
<u>Infrequentes</u>			
	<u>transparentes</u>		
<u>Frequentes</u>	<u>x</u>	<u>Anterior</u>	$t=3,347 \text{ df}=59$ $p=0,001$
	<u>opacas</u>		
<u>Frequentes</u>			
<u>x</u>	<u>Opacas</u>	<u>Central</u>	$t=-2,090 \text{ df}=59$ $p=0,041$
<u>Infrequentes</u>			
<u>Frequentes</u>			
<u>x</u>	<u>Transparentes</u>	<u>Posterior</u>	$t=-2,225 \text{ df}=59$ $p=0,030$
<u>Infrequentes</u>			
<u>Frequentes</u>			
<u>x</u>	<u>Opacas</u>	<u>Posterior</u>	$t=-2,047 \text{ df}=59$ $p=0,045$
<u>Infrequentes</u>			

A comparação par a par pelo teste-t apresentou algumas diferenças estatísticas entre posições no escâlpo para sentenças com palavras transparentes frequentes e infrequentes, conforme apresenta a Tabela 3.

Tabela 3: Resultados do teste-T pareado com as diferenças observadas nos pares de posição.

Posição	Regularidade	Frequência	Teste-t
Anterior			
x	Transparentes	Frequentes	t=4,258 df=59 p=0,000
Central			
Anterior			
x	Transparentes	Frequentes	t=3,354 df=59 p=0,001
Posterior			
Anterior			
x	Transparentes	Frequentes	t=4,258 df=59 p=0,000
Central			

Intervalo de 500ms a 900ms. Neste intervalo, foram encontradas diferenças estatísticas entre os fatores Forma e Posição pelo teste ANOVA medidas repetidas. Houve diferença estatística ANOVA igual a $F(1,59)=5,123$ $p=0,027$ em sentenças violadas em palavras transparentes e opacas. Para as posições anterior, central e posterior obtivemos diferença estatística somente quando este fator foi combinado com o fator Forma (transparentes x opacas) com o ANOVA igual a $F(2,118)=4,196$ $p=0,020$ com a correção de Greenhouse-Geisser. As Tabelas 4 e 5 apresentam o resultado do teste-t pareado para os fatores obtidos por meio do teste ANOVA medidas repetidas.

Tabela 4: Resultado do teste-t pareado.

Posição	Regularidade	Frequência	Teste-t
Central			
x	Transparentes	Frequentes	t=-2,046 df=59 p=0,045
Posterior			
Anterior			
x	Transparentes	Infrequentes	t=-2,063 df=59 p=0,043
Posterior			

Tabela 5: Resultado do teste-t pareado.

Regularidade	Frequência	Posição	Teste-t
Transparentes			
x opacas	Infrequentes	Anterior	t=-3,033 df=59 p=0,004

5.3. Análises estatísticas: Posições Frontal, Central e Parietal

Para as análises estatísticas na comparação dos ERPs nas localizações frontal, central e parietal, foram considerados os sinais coletados nas derivações F3, Fz, F4, para a posição Frontal; C3, Cz e C4, para a posição Central; e P3, Pz e P4, para a posição Parietal. Foi medida a área sob a curva para dois intervalos de tempo distintos e feitas medidas estatísticas.

Intervalo de 300 a 500ms. Foram observadas diferenças estatísticas no fator Forma ($F(1,35)=6,362$ $p=0,016$). A comparação par a par pelo teste-t foi realizada de forma a saber exatamente onde ocorreu a diferença estatística. A Tabela 6 exibe os resultados.

Tabela 6: Resultados do teste-t pareado.

Regularidades	Frequência	Posição	Teste-t
Transparentes			
x opacas	Frequente	Frontal	t=2,990 df=35 p=0,005

Intervalo de 500ms a 900ms. Neste intervalo, foram encontradas diferenças estatísticas entre os fatores Forma e Posição pelo teste ANOVA medidas repetidas. Para concordância com itens transparentes vs. opacos, encontramos diferenças estatísticas ANOVA igual a $F(1,35)=8,606$ $p=0,006$. De Forma a saber mais especificamente onde ocorreram as diferenças entre frequente e infrequente, foi realizado o teste-t para todos os pares onde o fator frequência ocorria. A Tabela 7 apresenta o resultado do teste-t pareado.

Tabela 7: Resultado do teste t pareado.

Regularidade	Frequência	Posição	Teste-t
Transparente			
x	Infrequente	Central	$t=-2,386$ df=35 $p=0,023$
opacas			
Transparente			
x	Infrequente	Frontal	$t=-2,725$ df=35 $p=0,010$
opacas			

5.4. Discussão dos dados

Os sujeitos participantes no presente estudo foram submetidos a uma tarefa de julgamento gramatical de sentenças congruentes e incongruentes quanto à concordância de gênero. Os ERPs gerados a partir da captação dos sinais eletrofisiológicos durante a execução dessa tarefa mostram claramente uma diferença entre violações na concordância de gênero com palavras transparentes e violações com palavras opacas frequentes: enquanto para as violações em palavras opacas apenas um N400 foi gerado, violações em palavras transparentes evocaram um N400 reduzido seguido de um P600. Esses resultados são compatíveis com resultados de estudos que investigaram a concordância verbal com itens regulares vs. irregulares.

É importante ressaltar que apesar de a análise estatística apontar para diferenças entre os processamentos de transparentes e opacas e entre o processamento de frequentes e infrequentes, os componentes elétricos correspondentes encontrados no presente estudo apresentaram uma distribuição semelhante no escopo, já que tanto o N400 quanto o P600 evocados pelos estímulos violados nesta pesquisa atingiram o seu pico máximo nas regiões centrais. Essa distribuição é consistente com a distribuição do N400 reportada na literatura: nas regiões centro-parietais. Em relação ao P600, apesar de sua ampla distribuição no escopo, seu pico máximo foi atingido também nas derivações centro-parietais. Os resultados dos testes estatísticos na comparação de ERPs provenientes de sentenças com violações em itens transparentes frequentes vs. opacas frequentes para a janela do N400 (300ms a 500ms) mostraram diferença no processamento de ambos os tipos de violação no hemisfério esquerdo (Tabela 1). Por outro lado, as violações em palavras opacas infrequentes evocaram um P600 aos 700ms, isto é, uma latência mais anterior que a latência do P600 encontrado para violações em palavras transparentes, que foi perto dos 900ms.

Os resultados estatísticos comprovam a diferença dos ERPs para a janela do P600 (500ms a 900ms) entre o processamento da concordância com itens transparentes infrequentes e opacas infrequentes no hemisfério direito ($t=-2,101$ df=83 $p=0,039$). Os diferentes ERPs encontrados sugerem que há diferenças entre o processamento do gênero com itens transparentes e o processamento do gênero

com itens opacos tanto no que se refere a processos mais iniciais quanto a processos mais tardios quando o fator frequência é levado em conta. Em outros termos, o fator frequência parece moldar as negatividades e positividades dos ERPs, já que violações em palavras infrequentes geraram um N400 e um P600 de menor amplitude e latência diferenciada do que a negatividade e positividade do P600 e N400 gerados por violações em palavras frequentes.

Como mostram as Tabelas 3 e 4, itens opacos frequentes são estatisticamente diferentes dos itens opacos infrequentes, e transparentes frequentes são estatisticamente diferentes de transparentes infrequentes. As Tabelas 5, 6 e 7 exibem diferenças estatísticas entre transparentes e opacos, principalmente nas regiões anteriores e centrais, tanto no intervalo de tempo entre 300 a 500ms quanto no intervalo de 500ms a 900ms. Como esperado, esses resultados revelam um efeito não só do fator Forma, mas, também, um efeito do fator Frequência tanto no processamento de violações na concordância com itens transparentes quanto no processamento de violações na concordância com itens opacos.

Cabe ressaltar que maiores amplitudes do N400 revelam um processamento de tipo semântico em oposição a maiores amplitudes do P600 que sugerem um processamento de tipo computacional. Assim, os dados obtidos nesta investigação sugerem que, apesar da frequência de ocorrência do item lexical moldar a amplitude e a latência das ondas (positivas ou negativas), itens transparentes quanto ao gênero são decompostos em sua forma durante o processamento da concordância de gênero, ao passo que itens opacos quanto ao gênero parecem ser acessados no léxico mental em sua forma pronta.

6. CONCLUSÃO

Neste estudo, investigamos o processamento de formas transparente vs. opacas quanto ao gênero gramatical do PB, a fim de buscar mais evidências para as hipóteses levantadas pelos modelos teóricos de via dual e via única.

Os resultados aqui obtidos estão em consonância com os modelos de via dual e estão em oposição aos pressupostos dos modelos de via única. O fato de apenas o N400 ter sido encontrado para violações com itens opacos frequentes em oposição a um pico menor de N400 seguido de um P600, bem como apenas um P600 para os itens opacos infrequentes, sugere que o processamento de itens transparentes e opacos são diferentes. Como revelado pelo teste ANOVA medidas repetidas e o teste-t pareado, essas diferenças são estatisticamente significantes, principalmente nas regiões centrais do cérebro. Segundo os modelos de via única, itens transparentes e opacos seriam processados pelos mesmo mecanismos neurocognitivos. No entanto, os ERPs encontrados neste estudo sugerem que itens transparentes e opacos quanto ao gênero gramatical do português dependem de mecanismos neurocognitivos distintos. Enfatizamos, porém, a necessidade de futuros estudos abordando as questões aqui levantadas que possam trazer mais evidências para confirmar a hipótese da dualidade de processamento do gênero gramatical do português.

REFERÊNCIAS

- Baayen, H.; Dijkstra, R.; & Schreuder, R. (1997). Singulars and Plurals in Dutch: Evidence for a parallel dual route model. *Journal of Memory and Language*, 37:94-117.
- Banón, J.A.; Fiorentino, R.; & Gabriele, A. (2012). The processing of number agreement in Spanish: an event-related potential investigation of the effects of structural distance. *Brain Reserch*, 9-63.
- Bates, E.; & Macwhinney, B. (1989). Competition, variation, and language learning. In B. MacWhinney (ed.), *Mechanisms of language acquisition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bates, E. A. & Wulfeck, B. (1991). Crosslinguistic studies of aphasia. *Brain and Language*, 41:123-148.
- _____ (1989). Crosslinguistic studies of aphasia. In B. MacWhinney & E. Bates (eds.), *The crosslinguistic study of sentence processing*. New York: Cambridge University Press, 328-371.
- Bates, E.; Devescovi, A.; Pizzamiglio, L.; D'amico, S.; & Hernadez, A. (1995). Gender and lexical access in Italian. *Perception and Psychophisycs*. 67(6):847-862.
- Bowden, H. W. (2007). *Proficiency and second language neurocognition*: a study of Spanish as a first and second language. Tese de Doutorado, Georgetown University, Washington D.C. 241 f.
- Brovetto, C. & Ullman, M. T. (2005). The mental representation and processing of Spanish verbal morphology. In. D. Eddington (ed.), *Selected Proceedings of the 7th Hispanic Linguistics Symposium*. Cascadilla Press, Somerville, MA, 98-105.
- Bybee, J. (1995) Transparente morphology and the lexicon. *Language and Cognitive Processes*, 10:425-455.
- Câmara Jr., J. M. (1979/1970). *Estrutura da língua portuguesa*. 19. ed. Petrópolis: Vozes.
- Chater, N. & Manning, C. (2006). Probabilistic models of language processing and acquisition. *Trends in Cognitive Science*, 10(7):335-344.
- Chomsky, N. (1995). *The Minimalist Program*. Cambridge, Massachusetts .MIT Press.
- Clahsen, H.; Eisenbeiss, S.; & Sonnenstuhl, I. (1997). Morphological structure and the processing of inflected words. *Theoretical Linguistics*, 23(3):201-249.
- Corbett, G. (1999). *Gender*. New York: Cambridge University Press.
- Coulson, S.; King, J. W.; & Kutas, M. (1998). Expect the Unexpected: Event-related Brain Response to Morphosyntactic Violations. *Language and Cognitive Processes*, 13(1):21-58.

Delorme A. & Makeig S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics. *Journal of Neuroscience Methods*, 134:9-21.

Desrochers, A.; Paivio, A.; & Desrochers, S. (1989). L'effet de la fréquence d'usage des noms inanimés et de la valeur prédictive de leur terminaison sur l'identification du genre grammatical. *Canadian Journal of Psychology*, 43, 62-73.

Dominguez, A. & Morales, D. (2014). Sublexical and lexico-syntactic factors in gender access in Spanish. *Journal of Psycholinguistics Research*, 43:13-25.

Friederici, A. D. Towards a neural basis of auditory sentence processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(2), 2002, p. 78-84.

Friederici, A. D.; Pfeifer, E.; & Hahne, A. (1993). Event-related brain potentials during natural speech processing: effects of semantic, morphological and syntactic violations. *Cognitive Brain Research*, 1:183-192.

Gillon-Dowens, M.; Carreiras, M.; Guo T.; Guo, J.; & Barber, H. A. (2011). Gender and number processing in Chinese learners of Spanish: evidence from event related potentials. *Neuropsychologia*, 49(7):1651-1659.

Gollan, T. & Frost, R. (2001). Two routes to grammatical gender: evidence from Hebrew. *Journal of Psycholinguistic research*, 30(6):267-251.

Hohlfeld, A. (2006). Accessing grammatical gender in German: the impact of gender-marking regularities. *Applied Psycholinguistics*, 27:127-142.

Kutas, M. & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62:621-647.

Luck, S. & Lopez-Calderon, J. *ERPLAB Toolbox versão 3.0*. Disponível em: <<http://erpinfo.org/erplab>> Acesso, 12 out. 2013.

Macwhinney, B. (2005). New directions in the competition model. In.: M. Tomasello.; D. I. Slobin (eds.) *Beyond Nature-Nurture: essays in honor of Elizabeth Bates*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

_____. (2001). The competition model: The input, the context, and the brain. In P. Robinson. (ed.). *Cognition and second language instruction*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 69-90.

Münte, S.; Say, T.; Clahsen, H.; Schiltz, K.; & Kutas, M. (1999). Decomposition of morphologically complex words in English: evidence from event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 7:241–253.

Name, M. C. L. (2002). Habilidades perceptuais e linguísticas no processo de aquisição do sistema de gênero no português. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Nascimento, M. J. R. (2006) Repensando as vogais temáticas nominais a partir da gramática das construções. Tese de Doutorado, Departamento de Letras Vernáculas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. 171 f.

Pinker, S. (1999). Words and rules. *Lingua*, 106:219-242.

_____ (1991). Rules of Language. *Science*, 253:530-535.

Taft, M. & Meunier, F. (1998). Lexical representation of gender: a quasiregular domain. *Journal of Psycholinguistic Research*, 27(1).

Ullman, M. (2004). Contributions of memory circuits to language: The declarative/procedural model. *Cognition*, 92(1-2):231-270.

_____ (2001). The declarative/procedural model of lexicon and grammar. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30(1):37-69.

Ullman, M. T., Pancheva, R., Love, T., Yee, E., Swinney, D., Hickok, G. (2005). Neural correlates of lexicon and grammar: evidence from the production, reading, and judgment of inflection in aphasia. *Brain and Language*, 93(2):185-238.

Ullman, M. T.; Corkin, S.; Coppola, M.; Hickok, G.; Growdon, J. H.; Koroshetz, W. J. (1997). A neural dissociation within language: evidence that the mental dictionary is part of declarative memory, and that grammatical rules are processed by the procedural system. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9:266-276.

Villalva, A. (2000). *Estruturas morfológicas: unidades e hierarquias nas palavras do português*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.