

CORRELATOS ELETROFISIOLÓGICOS DO PROCESSAMENTO DE FRONTEIRA PROSÓDICA NO PORTUGUÊS BRASILEIRO

Musiliyu Oyedeji

1. INTRODUÇÃO

Linguagem escrita geralmente tem uma estrutura clara, devido ao uso de convenções tipográficas, tais como sinais de pontuação (i.e., vírgulas, pontos). A fala, no entanto, envolve uma série efêmera de sons conectados sem marcadores de fronteiras óbvios. Não obstante, há mecanismos específicos que sinalizam a estrutura do discurso falado. Diversos estudos mostraram que a prosódia é frequentemente usada para organizar a fala em um arranjo hierárquico, coerente com macro unidades (Geluykens & Swerts, 1994; Grosz & Hirschberg, 1992; Passonneau & Litman, 1993). Tentativas de explicar aspectos da fonologia que não podiam ser capturados por um modelo linear da fonologia levaram ao desenvolvimento da teoria da fonologia prosódica (Lieberman & Prince, 1977; Selkirk, 1980, 1984; Nespor & Vogel, 1983; Beckman & Pierrehumbert, 1986; Ladd, 1986; Ladd & Campbell, 1991), que propõe que o fluxo do discurso é organizado em um número finito de unidades fonológicas, ou constituintes prosódicos. Esses constituintes formam uma hierarquia de componentes arranjados do menor para o maior, como se segue: sílaba (σ), pé (Σ), palavra fonológica (ω), grupo clítico (C), frase fonológica (Φ), frase entoacional (IP) e enunciado fonológico (U).

Com respeito à existência de uma diferença sistemática entre IP e U, Nespor e Vogel (1986) assinalam-nos como distintos na aplicação diferencial de certas regras fonológicas. Notadamente, U consiste em, pelo menos, um IP e usualmente se estende ao longo do comprimento da cadeia dominada pelo maior nó na árvore sintática, referido como X^n . Entretanto, U não é simplesmente a contrapartida fonológica de X^n , desde que combina duas ou mais sentenças em uma unidade de mais alto nível. Quando comparado com IP, U se caracteriza pelo contorno entoacional da forma linguística que sempre tem pausas tanto no início quanto no fim, bem como significado completo (Zhang, 2017). Por outro lado, um conjunto relativo de parâmetros acústicos para constituintes prosódicos em diferentes linguagens é reportado na fronteira do IP (daqui por diante, *IPB*), ressaltando o comprimento dos segmentos pré-fronteira (e.g., Beckman & Edwards, 1990; Beckman et al., 1992; Wightman et al., 1992; Cambier-Langeveld, 2000; Turk & Shattuck-Hufnagel, 2000, 2007; Byrd et al., 2006), variação de pitch e pausa (e.g., Nespor & Vogel, 1986; Venditti et al., 1996; Hirst & Di Cristo, 1998; Féry et al., 2011).

Estudos sobre o português brasileiro propõem que o *IPB* e a fronteira do U (doravante *UB*) são marcados principalmente por três pistas prosódicas principais: alongamento final, isto é, um aumento na duração da vogal tônica das palavras imediatamente anteriores às fronteiras (Moraes, 1995; Serra, 2009; Serra & Frota, 2009), variação de pitch, por exemplo, tons de fronteira caracterizados por um aumento ou possivelmente queda de pitch para frase entoacional e principalmente uma queda de pitch para enunciado (Frota & Vigário, 2000; Tenani, 2002; Fernandes, 2007; Serra, 2009) e, embora não seja obrigatório, uma pausa (Chacon and Fraga, 2014). Esses estudos relataram que *IPB* e *UB* são definidos por um contorno nuclear, combinando um acento pitch (H + L * ou L + H *) e tom de fronteira (L% ou H%), alcançado na sílaba final do IP, seguido por uma pausa potencial (em línguas tônicas como inglês e português, o contorno nuclear é a melodia na sílaba nuclear e sílaba(s) pós-tônica subsequente(s) e como nas línguas românicas, proeminência nuclear está mais à direita dentro do IP) (Nespor & Vogel, 2007; Ladd, 2008). Ressalte-se que a escolha do acento de pitch e tons de fronteira depende do tipo de frase e da posição IP em relação a U (Frota et al., 2015). Tenani (2002) observou que a última sílaba tônica do IP que não coincide com o final do U é marcada por um evento tonal L + H *, e seguida por um tom de fronteira alto H% quando ocorre uma pausa (caracterizando uma “subida continuativa”). Em palavras trissilábicas pré-fronteira e pseudopalavras, com um padrão de tonicidade paroxítona, Santana and Leal (2011) descobriram que sílabas tônicas, seguidas por sílabas pós-tônicas são mais longas no *IPB* em comparação com constituintes prosódicos de nível inferior. Serra (2016) revelou

que os *IPBs* esperados são percebidos como quebras mais fortes na leitura da fala em comparação com a fala espontânea. Soncin et al. (2017) observou que a percepção da pausa pode depender exclusivamente do contorno nuclear que caracteriza o *IPB*. Uma vez que o papel da prosódia como dispositivo na estruturação do discurso falado é bem descrito no que diz respeito à produção, o presente estudo visa antes investigar seu impacto na percepção, especialmente quando se trata da percepção de uma perspectiva neurocognitiva.

Com o advento de novas técnicas como a eletroencefalografia (doravante EEG), a propagação da atividade nervosa no cérebro pode ser medida, em tempo real, de forma não invasiva (Araújo et al., 2004), durante a produção ou percepção da fala. O sinal de EEG gerado em resposta à estimulação externa ou interna é chamado de Potencial Relacionado a Eventos (doravante ERP) (Kutas & Hillyard, 1980, 1984). As técnicas de extração de ERP fornecem informações valiosas sobre a natureza e o curso de tempo do processamento da linguagem.

No passado recente, diferentes componentes de ERP relacionados à língua foram identificados. Os ERPs têm sido associados a diferentes processos de compreensão apresentados em modelos de compreensão de sentenças auditivas (por exemplo, Friederici, 2011). Steinhauer et al. (1999) encontraram pela primeira vez a resposta de ERP de *Closure Positive Shift* (doravante CPS) para o processamento de *IPBs*. Esse efeito do ERP revelou uma mudança positiva centroparietalmente distribuída, cerca de 500 milissegundos (doravante ms) após o início da *IPB*.

O CPS foi encontrado em estudos de várias outras línguas, como holandês (Kerkhofs et al., 2007; Bögels et al., 2010), japonês (Wolff et al., 2008), chinês (Li & Yang, 2009), inglês (Itzhak et al., 2010), francês (Annie C. Gilbert et al. 2010) e português europeu (Leone-Fernandez et al., 2016a, b). O CPS não é acionado pela pausa no *IPB* per se; em vez disso, a variação do tom e o alongamento da sílaba imediatamente anterior à pausa são suficientes para evocar o componente. Isso foi demonstrado em um experimento no qual a pausa no *IPB* foi excluída (Steinhauer et al., 1999). A última suposição foi verificada para ouvintes como crianças mais velhas e adultos, com conhecimento sintático suficiente para maior habilidade de compreensão da linguagem, mas não para bebês e crianças (Männel & Friederici, 2009, 2011). Isso sugere que a pausa serve inicialmente como uma dica alvo para estruturar a entrada de fala, mas que não é necessária para o fraseado entoacional, uma vez que conhecimento suficiente sobre a estrutura prosódica e sintática é adquirido (Friederici, 2011). Experimentos adicionais com adultos mostraram que o CPS também pode ser obtido quando apenas a informação prosódica de uma sentença é entregue (ou seja, quando a

informação segmentada não está disponível). Sob esta condição, onde os investigadores usaram material experimental apresentando informações semânticas, sintáticas e fonêmicas decrescentes (por exemplo, frases jabberwocky, em que todas as palavras de conteúdo foram substituídas por palavras sem sentido; frases de pseudopalavra, em que todas as funções e todas as palavras de conteúdo são substituídas por palavras sem sentido; e frases deslexicalizadas, contorno de entonação cantarolada de uma frase removendo todo o conteúdo segmentar), o CPS é relatado sobre o hemisfério direito (Pannekamp et al., 2005). Independentemente de pistas de pitch ou formas linguísticas significativas, o CPS também foi evocado especificamente por trechos de fala marcados por alongamento (Gilbert et al., 2010, 2012, 2015). Além disso, o CPS é relatado para a leitura de sentenças desencadeada por uma vírgula indicando um limite de frase sintática (Steinhauer & Friederici, 2001; Steinhauer, 2003; Kerkhofs et al., 2008). Assim, o CPS pode ser considerado um componente ERP que está correlacionado com o fraseado prosódico tanto quando realizado explicitamente no fluxo de voz, quanto quando realizado secretamente em sentenças escritas (Friederici, 2011).

Estudos anteriores de ERP levaram a um perfil geral do CPS. Em termos de distribuição no couro cabeludo, o CPS é encontrado bilateralmente e é maior nos eletrodos da linha média (Bögels et al., 2011). Alguns estudos relataram uma extensão para eletrodos anteriores (por exemplo, Bögels et al., 2010; Pannekamp et al., 2005). Itzhak et al. (2010) também relataram uma distribuição CPS frontocentral. O CPS geralmente começa por volta ou mesmo antes do início da pausa (Steinhauer, 2003), embora Kerkhofs et al. (2007) tenham encontrado um início posterior. Seu deslocamento parece ser acionado pelo início da palavra imediatamente após a pausa e dura em torno de 500-700 ms (Pauker et al., 2011). Estudos anteriores localizaram o início de um CPS observando um pico negativo máximo inicial (Pannekamp et al., 2005; Kerkhofs et al., 2008; Bögels et al., 2010; Pauker et al., 2011).

Os ERPs são geralmente calculados tomando a média de vários alcances do EEG bloqueado pelo tempo até o início do evento de interesse. No caso do CPS, uma vez que o tom limite começa na última palavra imediatamente anterior à pausa, e esse alongamento pré-final da sílaba está claramente presente apenas a partir do início da última sílaba tônica antes da pausa, Bögels et al. (2011) consideraram este início como o “início da fronteira prosódica”, e como o ponto de bloqueio de tempo teoricamente mais apropriado para a análise CPS.

O grau em que pistas acústicas e linguísticas determinam a explicitação do CPS ainda não foi estabelecido (Peter et al., 2014). A maioria dos estudos CPS

apoia a ideia de que as pistas prosódicas acústicas são os principais responsáveis pela geração do CPS (Brouwer et al., 2012), enquanto as pistas linguísticas modulam sua amplitude e topografia do couro cabeludo (Kerkhofs et al., 2007). Além disso, Kerkhofs et al. (2007) argumentou que um CPS maior é evocado por uma fronteira prosódica menos esperada, que é, portanto, mais saliente. Isso indica que a amplitude do CPS depende da saliência dos marcadores de fronteira prosódica (Kerkhofs et al., 2008). Segundo Li and Yang (2009), embora a pausa não seja um fator necessário para evocar o CPS, ela pode modular sua latência e amplitude de início. Steinhauer (2003) relata que a amplitude e a duração do CPS são maiores na apresentação da linguagem auditiva do que visual e parecem se correlacionar positivamente com o grau em que, durante a leitura silenciosa, as representações fonológicas (ou seja, ouvir a “voz interior”) são ativadas.

Para investigar melhor a modulação (em termos de latência de início, amplitude, duração e distribuição no couro cabeludo) do CPS, medimos o CPS no *IPB* e *UB*. Em uma sentença declarativa, uma vez que o *IPB* interno é marcado por diferentes pistas prosódicas em comparação com o *IPB* que coincide com *UB* (Tenani, 2002), formulamos a hipótese de que (i) o CPS será eliciado em resposta ao processamento de fronteiras prosódicas em português brasileiro, como foi demonstrado para várias outras línguas, e (ii) o CPS será modulado em função das diferenças entre as pistas prosódicas que marcam as duas fronteiras.

2. MÉTODO

2.1 Material

Os itens experimentais consistem em enunciados que contêm um *IPB* interno e um *UB* interno (coincidindo também com um *IPB*). Três versões de cada declaração foram criadas. A primeira versão (Tipo A) foi a base para as outras duas versões (Tipo B e Tipo C) conforme segue no Quadro 1, onde (#) significa *IPB*, (# *) significa “sem *IPB*”, (%) significa *UB* e (% *) significa “sem *UB*”.

Quadro 1 – Exemplo de material experimental

Tipo A
<i>[Assim que Paula viu sua aMIga # ela fechou a jaNEla #]#[Foi abrir a porta]#.</i>
Tipo B
<i>[Assim que Paula viu sua aMIga #* de infância # ela fechou a janela #]#[Foi abrir a porta]#.</i>
Tipo C
<i>[Assim que Paula viu sua amiga # ela fechou a jaNEla %* da sala #]#[Foi abrir a porta]#.</i>

É importante ressaltar que as análises neste presente estudo focaram apenas nas “bordas alvo” caracterizadas no Quadro 1 em fonte itálico e negrito. No Tipo A, a fronteira após a oração subordinada coincide com um *IPB* e a fronteira após a oração principal com *UB*. No Tipo B, a porção da frase correspondente à oração subordinada (no Tipo A) não é seguida imediatamente por um *IPB* – “sem *IPB*” (*NIPB*). E no Tipo C, a porção da frase correspondente à oração principal (no Tipo A) não é seguida imediatamente por um *UB* – “sem *UB*” (*NUB*). As últimas palavras da oração subordinada e da oração principal foram sempre um complemento verbal trissilábico (indicado em negrito e itálico) doravante denominado “palavras-alvo”, apresentando um padrão de acentuação paroxítona (indicado em maiúsculas na penúltima sílaba). As três versões do material experimental diferiram apenas no que diz respeito aos adjuntos adnominais (indicados pelas palavras sublinhadas) adicionados à oração subordinada no Tipo B e à oração principal no Tipo C. Em termos de número de sílabas, o valor médio de comprimento da oração subordinada foi $M = 10$ sílabas, $DP = 0,75$, e para a oração principal, $M = 8$ sílabas, $DP = 0,89$.

Um total de 134 itens foram criados. Destes, 120 itens experimentais foram selecionados após um teste de aceitabilidade. Além disso, foram construídos 120 “preenchedores”. Os “preenchedores” eram semelhantes em comprimento aos itens experimentais. Também apresentaram três tipos, cada um deles caracterizado por diferentes padrões sintáticos, conforme segue no Quadro 2, onde (#) significa *IPB* e (%) para *UB*.

Quadro 2 – Exemplo de preenchedores

Tipo F_a (1-40)
<i>[Quando viram o pescador chegando # lhe ajudaram a tirar o barco da água #]%</i> .
Tipo F_b (41-80)
<i>[O prefeito da cidade fraturou a perna direita durante a festa de fim de ano]%</i> .
Tipo F_c (81-120)
<i>[Berto revelou o segredo da família no tribunal]%</i> [<i>O pai tinha outra esposa</i>]%

Para garantir a naturalidade e aceitabilidade dos itens experimentais, conduzimos um teste de aceitabilidade com um grupo de 30 alunos, todos falantes nativos do português brasileiro. Um total de 402 itens (incluindo as três versões dos 134 itens originais) foi usado no referido estudo teste de aceitabilidade. Eles foram classificados nos três tipos de enunciados (A, B e C) descritos no Quadro 2. A fim de evitar um efeito de familiaridade ao apresentar itens semelhantes ao

mesmo participante, dividimos os participantes em três grupos de dez indivíduos e usamos um *Latin square design* para criar três listas de materiais. Os “preenchedores” não foram incluídos no estudo de normatização.

O teste de aceitabilidade foi conduzido on-line usando a plataforma *Qualtrics* na qual a aceitabilidade dos materiais foi julgada usando uma escala numérica ou rótulos categóricos (uma escala do tipo *Likert*), que poderia ser posteriormente convertida em números (Schmidt-Nielsen, 1992). Os participantes foram instruídos a atribuir a cada um dos enunciados uma escala numérica de 1 (menos aceitável) a 7 (mais aceitável). Eles começaram com tentativas de prática (dez novas sentenças foram usadas para evitar efeitos de repetição) antes do experimento de normatização real. O valor médio dos números obtidos na escala numérica para cada um dos 134 conjuntos de enunciados foi calculado e, em seguida, relatamos a Média (média de todas as 134 médias) que foi $M = 6$, $DP = 0,39$. Isso mostrou que, em grande medida, os enunciados foram considerados aceitáveis. Com base nos resultados do experimento de normatização, um total de 120 conjuntos de itens experimentais que receberam a maior taxa de aceitabilidade foi selecionado para nosso experimento ERP.

2.2 Estímulos: Descrição geral e análise acústica

Um locutor profissional do sexo masculino e falante nativo do Português Brasileiro gravou os estímulos de fala usando um microfone omnidirecional em condições acústicas adequadas (uma cabine acústica) com uma velocidade de fala normal ($M = 5,589$ sílabas por segundo (sílabas / s), $DP = 0,4$). Essa velocidade de fala foi medida dividindo-se o número de sílabas do estímulo por sua duração (excluindo a duração da pausa). O resultado corrobora achados anteriores, que relataram velocidade média de fala variando de 3,2 a 5,5 Syll / s para um falante nativo fluente do Português Brasileiro (Oliveira, 2000; Martins et al., 2008). O locutor foi instruído a repetir cada enunciado pelo menos três vezes, para que pudéssemos escolher a melhor gravação possível para os itens experimentais e preenchedores. Esses itens foram selecionados com base no julgamento de um grupo de 5 alunos, todos falantes nativos do português brasileiro. A gravação foi digitalizada em 44.100 Hz com uma profundidade de 16 bits por amostra.

As gravações selecionadas, 360 itens experimentais, foram analisadas usando o software Praat (Boersma and Weenink, 2007) para primeiro verificar quais pistas prosódicas foram associadas ao *IPB* e *UB* (no Tipo A) em comparação com o *NIPB* (no Tipo B) e *NUB* (no Tipo C). A medição da duração foi extraída automaticamente executando um script Praat chamado

“Analyse_tier” (Hirst, 2012). Em segundo lugar, verificamos as diferenças acústicas entre *IPB* e *UB*.

A medição da pista acústica foi realizada nas três sílabas imediatamente anteriores a cada fronteira, ou seja, a sílaba pré-tônica (Pre_), a sílaba tônica (Str_) e a sílaba pós-tônica (Pos_). O alongamento pré-final da sílaba foi determinado pela medição da duração média das vogais das sílabas em cada posição. Para essa medição, os valores de duração foram normalizados usando uma fórmula de z-score para minimizar os efeitos da duração intrínseca e da variabilidade da duração das vogais. Para cada sílaba, a variação do pitch foi determinada pelo cálculo do intervalo médio do núcleo da vogal. Os valores médios de F0 e intensidade também foram medidos no núcleo vocálico das sílabas.

A pausa foi avaliada medindo-se a duração do “intervalo de silêncio” marcando *IPB* e *UB* nos itens experimentais, quando ocorria. Esses intervalos de silêncio foram categorizados em dois tipos: (i) *P_IPB*, intervalo de silêncio marcando *IPB*; (ii) *P_UB*, intervalo de marcação de silêncio *UB*. Qualquer intervalo de silêncio superior a 150 ms foi considerado uma pausa, seguindo Kowal et al. (1983).

As comparações dos dados da análise acústica associados ao *IPB*, *NIPB*, *UB* e *NUB* foram realizadas da seguinte forma: (i) *IPB* vs. *NIPB*; (ii) *UB* vs. *NUB*; (iii) *IPB* vs. *UB*. Os dados foram submetidos a t-tests de duas amostras. Relatamos apenas diferenças estatisticamente significativas entre pistas acústicas.

2.2.1 Relatórios da análise acústica

Com relação à pausa, os “intervalos de silêncio” *P_IPB* variaram entre 34 ms e 150 ms, e *P_UB* variou entre 260 e 388 ms. Assim, *P_UB* foi sempre longo o suficiente para ser considerado uma pausa; não foi o caso do *P_IPB*. A comparação revelou que *P_UB* foi mais longo em duração [*P_UB*, $M = 305$ ms ($SE = 0,55$); *P_IPB*, $M = 113$ ms ($SE = 1,21$); $t(718) = -143,8$, $p < 0,001$].

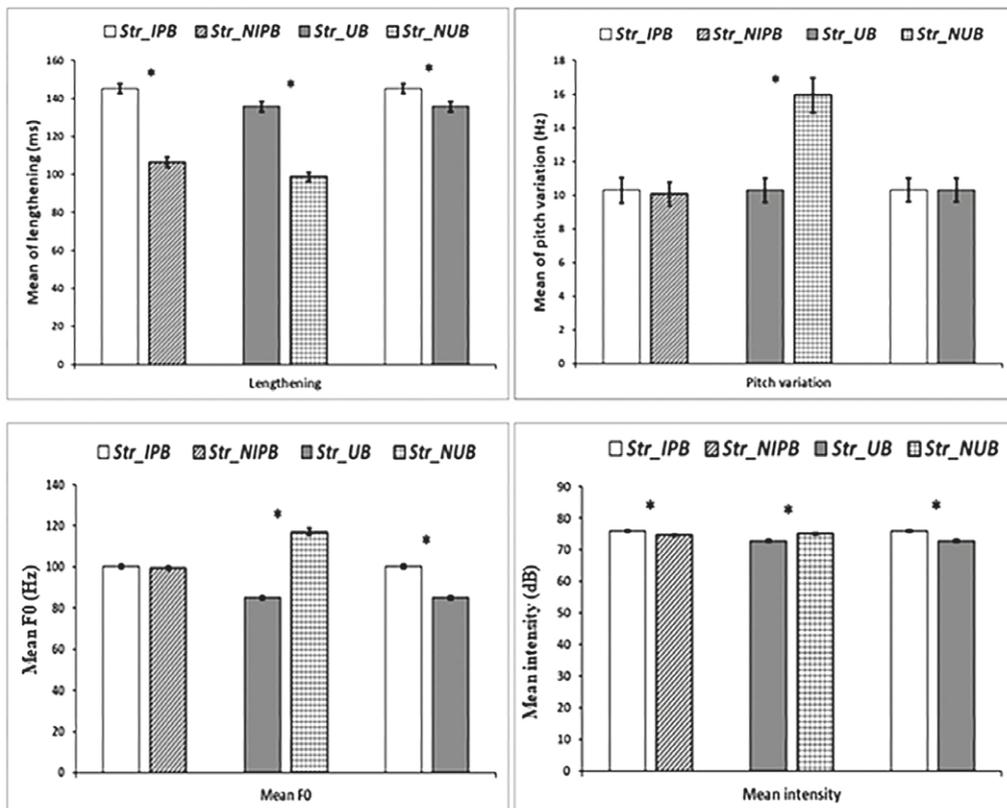
Os dados da análise acústica das três sílabas anteriores ao *IPB* e *UB* foram comparados com os anteriores ao *NIPB* e ao *NUB*, respectivamente. Também comparamos os resultados da análise acústica das três sílabas anteriores ao *IPB* com as anteriores ao *UB*. Os dados para cada sugestão foram submetidos a t-tests de duas amostras. Uma visão geral dos resultados é apresentada no Quadro 3, onde (*) indica $p \leq 0.05$; (**) indica $p \leq 0.01$ e (***) indica $p \leq 0.001$.

Quadro 3 – Resultados da análise estatística de comparação dos dados da análise acústica associados ao *IPB*, *NIPB*, *UB* e *NUB*

	Alongamento (z-score)	Varição do Pitch (Hz)	Média de F0 (Hz)	Média de intensidade (dB)
Comparação das sílabas	t (df) Média (SE)	t (df) Média (SE)	t (df) Média (SE)	t (df) Média (SE)
<i>Pre_IPB</i> vs. <i>Pre_NIPB</i>			6.7 (237)*** 114.8 (23) > 96.9 (1.1)	2.2 (238)* 75.3 (0.3) > 74.3 (0.3)
<i>Str_IPB</i> vs. <i>Str_NIPB</i>	10.4 (238)*** 1.1 (0.05) > 0.2 (0.05)			3.5 (238)*** 75.9 (0.2) > 74.6 (0.2)
<i>Pos_IPB</i> vs. <i>Pos_NIPB</i>	5.2 (238)*** -0.3 (0.3) > -0.6 (0.03)	2.3 (229)** 8 (0.49) > 6.4 (0.4)		
<i>Pre_UB</i> vs. <i>Pre_NUB</i>		3 (232)** 11.9 (0.9) < 16 (1)	-2.5 (232)** 122.8 (2.2) > 115.5 (1.6)	
<i>Str_UB</i> vs. <i>Str_NUB</i>	6.9 (238)*** 0.7 (0.05) > 0.2 (0.03)	4.3 (236)*** 10.3 (0.7) < 15.9 (1)	16.6 (236)*** 84.7 (0.7) < 116 (1.7)	5.9 (237)*** 72.9 (0.2) < 75.1 (0.2)
<i>Pos_UB</i> vs. <i>Pos_NUB</i>	2.9 (238)*** -0.4 (0.03) > -0.6 (0.03)	3 (232)** 5.9 (0.6) < 8.7 (0.7)	18.9 (202)*** 78.1 (0.7) < 127.6 (2.1)	18.5 (238)*** 62.8 (0.4) < 73.5 (0.3)
<i>Pre_IPB</i> vs. <i>Pre_UB</i>		2.3 (239)** 8.7(0.6) < 11.3 (0.9)	-2.4 (239)** 114.8 (2.3) < 122.8 (2.2)	
<i>Str_IPB</i> vs. <i>Str_UB</i>	2.5 (238)** 1.1 (0.05) > 0.9 (0.05)		12.1 (236)*** 100.4 (0.9) > 84.7 (0.7)	8.1 (239)*** 75.9 (0.2) > 72.9 (0.2)
<i>Pos_IPB</i> vs. <i>Pos_UB</i>		2.5 (202)** 8 (0.4) > 5.9 (0.6)	9.1 (202)*** 104.1 (2.3) > 78.1 (0.7)	14.6 (239)*** 71.3 (3.5) > 62.8 (0.4)

As dicas acústicas associadas às sílabas tônicas pré-fronteira são representadas na Gráfico 1. As sílabas foram comparadas da seguinte forma: *Str_IPB* vs. *Str_NIPB*; *Str_UB* vs. *Str_NUB*; *Str_IPB* vs. *Str_UB*. Essa ilustração está relacionada ao fato de que as respostas do ERP são fixadas no tempo para o início das sílabas tônicas pré-fronteira, conforme detalhado na seção “Paradigma experimental EEG” do presente estudo.

Gráfico 1 – Pistas acústicas associadas ao *IPB*, *NIPB*, *UB* e *NUB*. As sílabas tônicas são comparadas como segue: *Str_IPB* vs. *Str_NIPB*; *Str_UB* vs. *Str_NUB* and *Str_IPB* vs. *Str_UB*. Os asteriscos (*) indicam diferenças significativas.



É importante ressaltar que a análise mostra que *IPB* e *UB* são sinalizados por diferentes pistas acústicas. O *IPB* foi marcado por alongamento pré-final da sílaba mais longa, maior média de F0 e intensidade média em relação ao *UB*.

2.3 Participantes

Participaram do experimento ERP 30 alunos voluntários (15 homens; idade média: 24,31 anos; DP: 3,1), falantes nativos do PB, da Universidade Federal de Alagoas. Eles eram destros, conforme avaliado por uma versão em português do Brasil do inventário de lateralidade de Edinburgh (*Edinburgh Handedness Inventory*) (Oldfield), sem deficiência auditiva ou história prévia de distúrbios neurológicos ou psiquiátricos baseados em autodeclaração.

2.4 Paradigma experimental de EEG

Três listas de estímulos foram usadas para o experimento. Cada lista continha apenas uma versão das falas que serviram de estímulo. Uma ordem pseudoaleatória de materiais experimentais e preenchedores foi projetada com a restrição de que o mesmo tipo de estímulo não fosse apresentado duas vezes consecutivas. Os participantes foram divididos em três grupos de dez indivíduos. Cada grupo teve acesso a uma lista.

Em consonância com a abordagem metodológica sugerida em um estudo anterior (Bögels, Schriefers, Vonk, and Chwilla, 2011), e considerando os resultados da análise acústica do material experimental do presente estudo, optamos por fixar o tempo de nossa resposta ERP para o início das sílabas tônicas pré-fronteira. Os códigos de gatilho de evento foram definidos no início das sílabas tônicas pré-fronteira nas “palavras-alvo” no Tipo A (*IPB*, para fronteira prosódica IP; *UB*, para fronteira prosódica U) e no início das mesmas sílabas tônicas nos correspondentes “palavras-alvo” que não precedem imediatamente as fronteiras prosódicas no Tipo B e Tipo C (*NIPB*, para nenhuma fronteira prosódica IP; e *NUB*, para nenhuma fronteira prosódica U).

Cada lista continha 240 estímulos divididos em 6 blocos experimentais de 40 estímulos de no máximo 5 minutos com pausas de descanso entre os blocos. Os estímulos foram fornecidos por meio de fones de ouvido (*Sennheiser hd280 pro*) usando o software E-Prime.

Para o experimento, os participantes estavam sentados em uma cadeira confortável colocada a 1 metro de distância da tela do computador. No início, uma instrução escrita os informava sobre o experimento. Eles foram solicitados a ouvir atentamente as sentenças. O experimento começou com uma sessão prática de 10 novas sentenças construídas para os ensaios. Uma tentativa sempre era iniciada com um prompt escrito “próximo estímulo” de 100 ms, seguido de um ponto de fixação (+) no monitor. A frase começou 200 ms após a fixação. Os participantes foram solicitados a olhar para o ponto de fixação para evitar movimentos dos olhos e piscar até o deslocamento de uma frase. Os estímulos foram seguidos aleatoriamente por um prompt escrito (uma palavra). Na tarefa, os participantes foram solicitados a indicar por meio de um pressionamento de tecla se a palavra solicitada estava presente ou ausente no estímulo imediatamente anterior (em 5% dos estímulos para cada participante). Essa tarefa foi dada para garantir que os participantes prestassem atenção ao ouvir as frases.

2.5 Aquisição dos sinais digitais de EEG

O experimento foi conduzido no Laboratório de Psicolinguística da Universidade Federal de Alagoas, Brasil. Para o registro de EEG, usamos um sistema Geodesic EEG 400 (*Electrical Geodesics, Inc*), com um HydroCel Sensor Net de 256 canais, uma série Net Amps 400 de amplificadores de EEG e um conjunto completo de software Net Station para aquisição e análise de EEG. Verificamos se os sensores estavam em bom contato com o couro cabeludo, se o sinal do EEG não continha ruído elétrico e se os eletrodos foram ajustados até que suas impedâncias fossem mantidas abaixo de 5 k Ω . Os dados do EEG foram registrados com um filtro passa-alta em 0,1 Hz e a taxa de amostragem definida em 1.000 Hz. A referência de gravação on-line para todos os sensores nos dados de EEG foi Cz. O software Net Station gravou dados de EEG continuamente junto com códigos de gatilho de evento. Os dados EEG foram exportados em formato bruto, usando ferramentas Net Station, para análises off-line.

2.6 Extração de ERPs (Potenciais Relacionados a Evento)

Para análise EEG off-line, rodamos EEGLAB (Delorme and Makeig, 2004) no MATLAB e importamos os dados brutos de EEG. Em seguida, carregamos um arquivo de localização de canal para o HydroCel GSN de 256 canais e referenciamos os dados novamente para a referência média. Em seguida, os dados foram filtrados usando um filtro passa-baixa de 30 Hz. No ERPLAB (Lopez-Calderon and Luck, 2014), dividimos os segmentos de EEG em seções (épocas) que começaram 200 ms antes do início das sílabas tônicas nas “palavras-alvo” e terminaram 2.000 ms após esse início. Épocas de EEG que continham grandes artefatos musculares foram removidas dos dados por inspeção visual. A correção do artefato ocular foi realizada usando análise de componente independente (ICA), conforme implementado no EEGLAB (função ‘eeg_runica’). Componentes independentes com características conhecidas de piscar de olhos (com base no espectro de energia da atividade, topografia do couro cabeludo e atividade durante as tentativas) foram identificados visualmente para cada participante. As contribuições desses componentes foram então removidas do EEG contínuo. Os artefatos foram detectados e removidos automaticamente usando um procedimento de pico a pico de janela móvel, com uma janela móvel de 200 ms, uma etapa de janela de 100 ms e um limite de voltagem de 100 μ V.

As épocas foram calculadas em média para produzir um ERP para cada condição de contorno prosódica e cada participante teve pelo menos 70% de tentativas aceitas por condição [*IPB*, $M = 94,25$ ($SD = 7,46$); *NIPB*, $M = 93,08$

(SD = 8,7); *UB*, M = 93,85 (SD = 5,69); *NUB*, M = 94,08 (SD = 8,1)]. Formas de onda de ERP individuais foram calculadas para obter a média geral de ERPs para cada condição. Uma vez que os pares de condições – *IPB* vs. *NIPB* e *UB* vs. *NUB* – continham as mesmas informações lexicais e prosódicas até o início das sílabas tônicas das “palavras-alvo” (ver Figura 1 para *IPB* vs. *NIPB* e Figura 2 para *UB* vs. *NUB*), as comparações de ERPs de grande média em nossas janelas de tempo [0-2000 ms] devem refletir o processamento de pistas prosódicas marcando o *IPB* e *UB*.

Figura 1 – Exemplo de pares de condições para frase entoacional. *IPB* no Tipo A e *NIPB* no Tipo B. Os retângulos pretos tracejados indicam o contorno entoacional do IP até o início da sílaba tônica pré-fronteira no Tipo A, e o contorno da mesma parte do IP sem fronteira prosódica no Tipo B. O retângulo preto sólido indica os tons de fronteira do *IPB*. Os círculos tracejados no Tipo A indicam: I1, I2 e I3, representando *Pre_IPB*, *Str_IPB* e *Pos_IPB* respectivamente; U1, U2 e U3, representando *Pre_UB*, *Str_UB* e *Pos_UB* respectivamente. O círculo tracejado no Tipo B indica: I1 *, I2 * e I3 * simbolizando *Pre_NIPB*, *Str_NIPB* e *Pos_NIPB* respectivamente. PI e PU, indicados pelas setas, representam *P_IPB* e *P_UB* respectivamente.

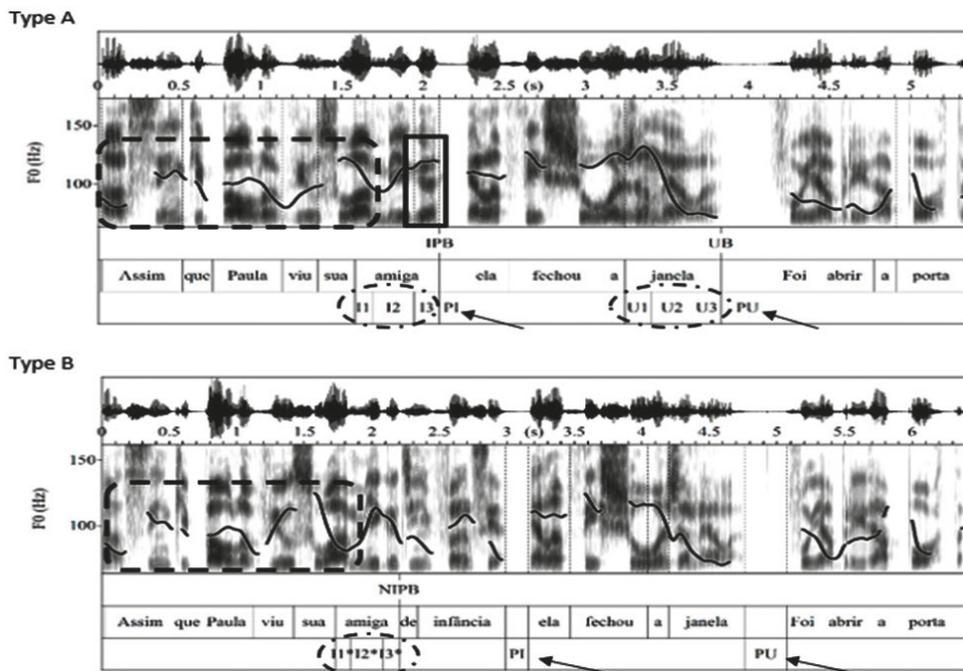
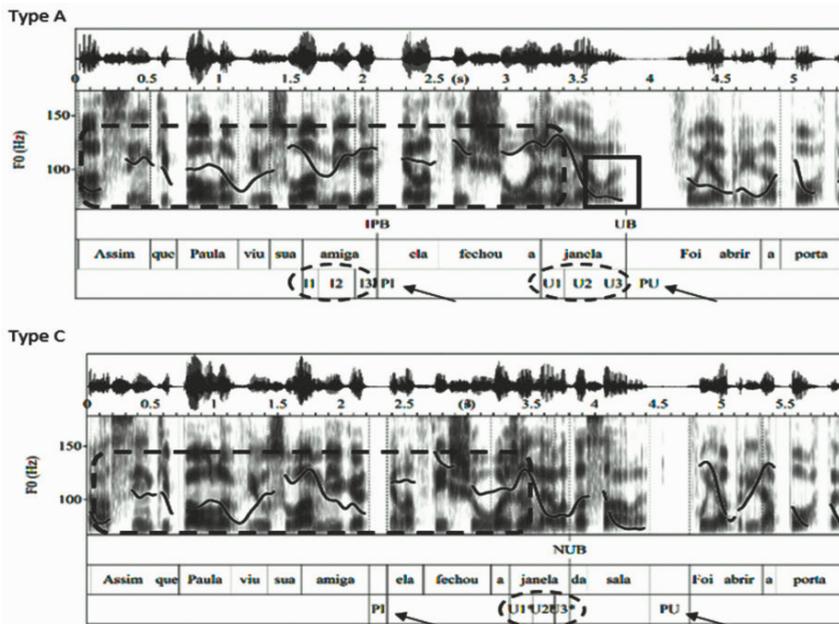


Figura 2 – Exemplo de pares de condições para frase entoacional. *UB* no Tipo A e *NUB* no Tipo C. Os retângulos pretos tracejados indicam o contorno entoacional de U até o início da sílaba tônica pré-fronteira no Tipo A, e o contorno da mesma porção de U sem fronteira prosódica no Tipo C. O retângulo preto sólido indica tons de limite de *UB*. Os círculos tracejados no Tipo A indicam: I1, I2 e I3, representando *Pre_IPB*, *Str_IPB* e *Pos_IPB* respectivamente; U1, U2 e U3, representando *Pre_UB*, *Str_UB* e *Pos_UB* respectivamente. O círculo tracejado no Tipo C indica: U1*, U2* e U3*, simbolizando *Pre_NUB*, *Str_NUB* e *Pos_NUB* respectivamente. PI e PU, indicados pelas setas, representam *P_IPB* e *P_UB* respectivamente.



2.7 A análise de ERPs

Para as respostas de ERP fixadas no tempo para o início das sílabas tônicas das “palavras-alvo”, calculamos a amplitude média em seis janelas de tempo consecutivas de 200 ms (de 0 a 1.200 ms, considerando a possível ocorrência dos efeitos CPS). Seguindo estudo prévio de ERP auditivo (Peter et al., 2014), consideramos 19 eletrodos organizados da seguinte forma: Eletrodos de linha média: Cz, Pz e Fz; Os eletrodos laterais foram agrupados em seis regiões de interesse (ROIs): anterior direito (F4, F8, FT8), posterior direito (P4, P8, CP4, TP8), anterior esquerdo (F3, F7, FT7), posterior esquerdo (P3, P7, CP3, TP7), central esquerda (FC3) e central direita (FC4).

Duas ANOVA de medidas repetidas totalmente cruzadas foram calculadas separadamente nas janelas de tempo: (i) sobre os eletrodos da linha média, incluindo os fatores Fronteiras (IP vs. U), Condições (fronteira vs. “sem fronteira”)

e Eletrodos (Fz vs. Cz vs. Pz): (ii) e sobre os eletrodos laterais, incluindo fatores Fronteiras (IP vs. U), Condições (fronteira vs. “sem fronteira”), Hemisférios (direito vs. esquerdo) e Localizações (anterior vs. central vs. posterior).

Apenas relatamos amplitudes médias envolvendo o fator “Condições” (fronteira vs. “sem fronteira”), uma vez que está diretamente relacionado aos objetivos deste estudo. Se uma interação significativa foi encontrada entre “Condições” e qualquer outro fator, ANOVA post-hoc foram calculados para entender o efeito desse fator para cada janela de tempo e condição separadamente.

3. RESULTADOS

As formas de onda de ERP da média geral nos 19 eletrodos, incluindo o eletrodo Cz representativo, para *IPB* vs. *NIPB* e *UB* vs. *NUB*, são ilustradas nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

Figura 3 – Grande média dos ERPs para as condições *IPB* e *NIPB* nos 19 eletrodos, incluindo o eletrodo Cz. O retângulo preto tracejado indica um “pico negativo inicial”. Nos enunciados ilustrativos, a seta sólida indica o ponto de bloqueio de tempo para medir os ERPs e as sílabas tônicas das “palavras-alvo”, que estão em maiúsculas. Hash (#) significa *IPB* e asterisco hash (# *) significa *NIPB*.

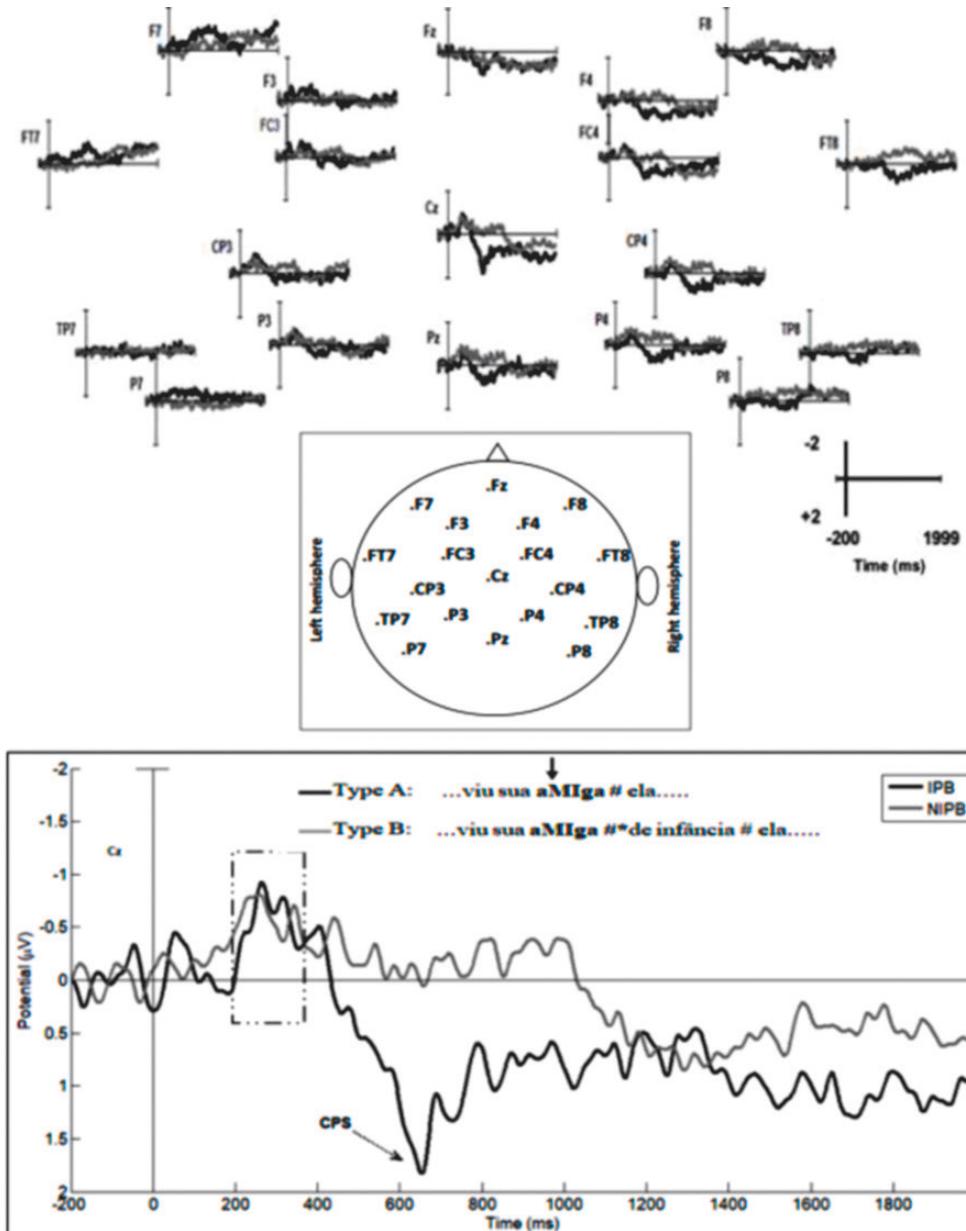
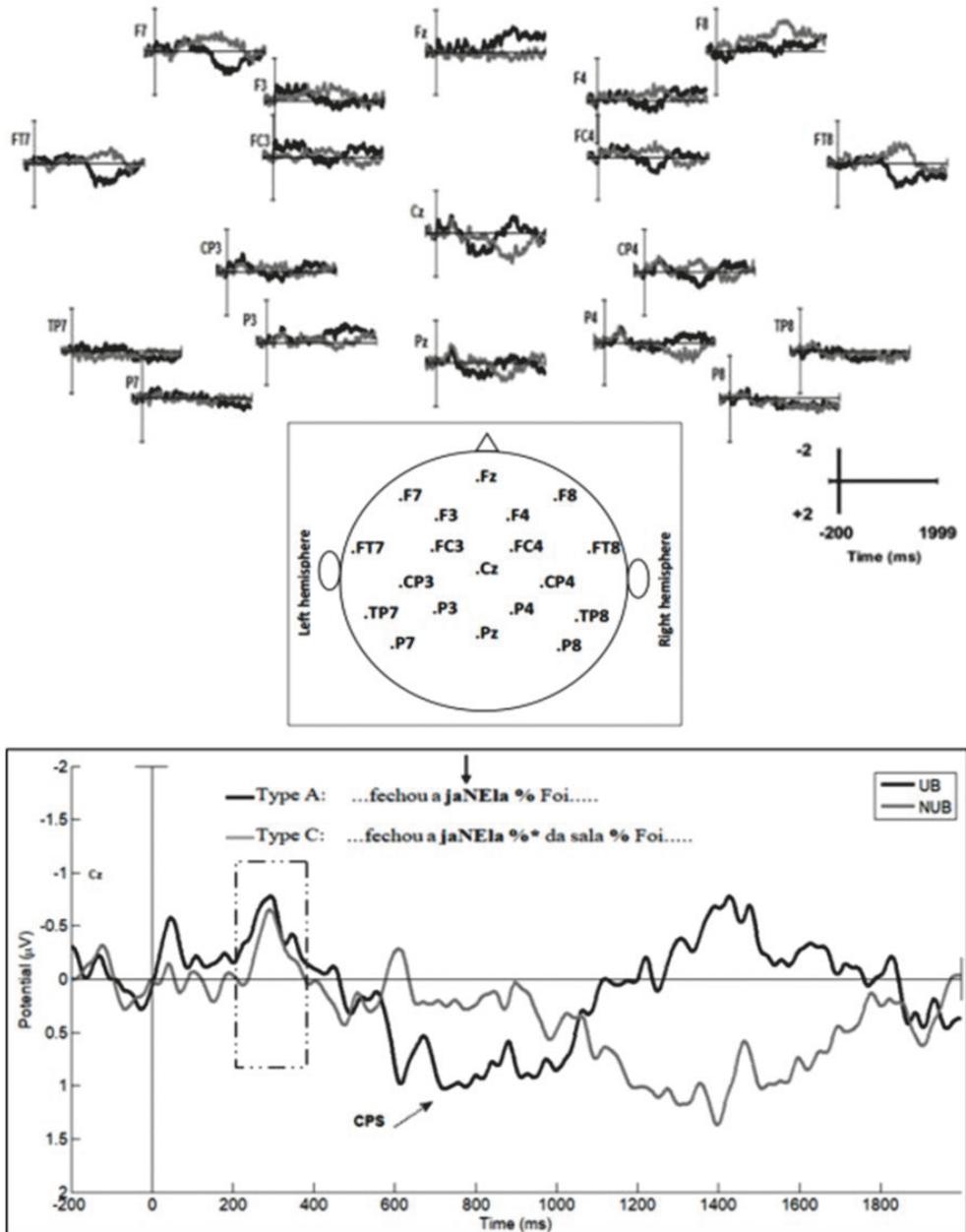


Figura 4 – ERPs de média geral para as condições *UB* e *NUB* nos 19 eletrodos, incluindo o eletrodo Cz. O retângulo preto tracejado indica um “pico negativo inicial”. Nos enunciados ilustrativos, a seta sólida indica o ponto de bloqueio de tempo para medir os ERPs e as sílabas tônicas das “palavras-alvo”, que estão em maiúsculas. Porcentagem (%) significa *UB* e asterisco de porcentagem (%*) para *NUB*.



Para todas as condições, nos eletrodos Cz (parte inferior das Figuras 3 e 4), observamos um pequeno “pico negativo inicial” indicado com um retângulo preto tracejado, que atinge sua amplitude de pico em ~250 ms após o início das sílabas tônicas das “palavras-alvo”. Essa observação foi corroborada pela análise estatística apresentada no Quadro 4.

Quadro 4 – Efeitos significantes (ANOVAs) em amplitudes médias através da janela de tempo de [0–400 ms] para o componente “pico negativo inicial” de ERPs. Tws = Janelas temporais; B = Condição de fronteira; NB = Condição “sem fronteira”; Cond = Condição; Hem = Hemisfério; × = interação. (*) indica $p \leq 0.05$; (**) indica $p \leq 0.01$; (***) indica $p \leq 0.001$; (>) indica Maior do que; (<) indica Menor do que

Tws (ms)	Eletrodos centrais			Regiões de interesse lateral (ROIs)		
	Efeito	F(df)	Média (SE)(μ V) B vs. NB	Efeito	F(df)	Média (SE)(μ V) B vs. NB
0 – 200 200 – 400				Cond	6.9 (1,1908)**	-0.26 (0.03) < -0.14 (0.03)
				Cond × Hem	18.9 (1,1908)***	
				Hem esquerdo	25.4 (1,954)***	-0.36 (0.04) < -0.06 (0.04)

O resultado mostra que o “pico negativo inicial” foi mais significativo nos eletrodos laterais. Além disso, era mais proeminente na localização do hemisfério esquerdo para condições de contorno (*IPB* e *UB*), em comparação com as condições sem contorno (*NIPB* e *NUB*).

Após o “pico negativo inicial”, observamos uma ampla deflexão positiva, indicada pelas setas tracejadas na Figura 3 (de ~ 500 a 1.200 ms) e na Figura 4 (de ~ 600 a 1.200 ms), para as condições *IPB* e *UB*, respectivamente. A análise estatística apresentada no Quadro 5 fundamentou esta observação.

Quadro 5 – Efeitos significantes (ANOVAs) em amplitudes médias através da janela de tempo de [400–1.200 ms] para o componente CPS de ERPs. Tws = Janelas temporais; B = Condição de fronteira; NB = Condição “sem fronteira”; Cond = Condição; Hem = Hemisfério; Elec = eletrodos; Fron = Fronteira; Loca = localização; × = interação. (*) indica $p \leq 0.05$; (**) indica $p \leq 0.01$; (***) indica $p \leq 0.001$; (>) indica Maior do que; (<) indica Menor do que.

Tws (ms)	Eletrodos centrais			Regiões de interesse lateral (ROIs)		
	Efeito	F(df)	Média (SE)(μ V) B vs. NB	Efeito	F(df)	Média (SE)(μ V) B vs. NB
400 – 600	Cond	4.2 (1,348)*				
	Cond × Fron	5.5 (1,348) **	0.2 (0.08) vs. -0.1 (0.07)			
	IP	10.5 (1,178)**	0.3 (0.1) vs. -0.14 (0.11)			
600 – 800	Cond	23.2 (1,348)***	0.6 (0.10) vs. 0.03 (0.08)	Cond	10.2 (1,1896)**	0.05 (0.0) vs. -0.14 (0.04)
	Cond × Elec	3.9 (2,348)*		Cond × Hem	11.9 (1,1896)***	
	Cz	19.4 (1,118)***	1.05 (0.1) vs. 0.01 (0.1)	Hem direito	19.9 (1,958)***	0.24 (0.0) vs. -0.17 (0.06)
	Pz	12.6 (1, 118)**	0.5 (0.14) vs. -0.1 (0.1)	Cond × Fron	6.6 (1,1896)**	
800–1.000	Cond	9.7 (1,348)***	0.4 (0.1) vs. 0.007 (0.08)	Cond	31.6 (1,1896)***	0.16 (0.05) vs. -0.2 (0.04)
	Cond × Elec	4.4 (2,348)**		Cond × Hem	14.6 (1,1896)***	
	Cz	11.2 (1,118)**	0.7 (0.1) vs. -0.02 (0.1)	Hem direito	40.5 (1,958)***	0.37 (0.07) vs. -0.27 (0.06)
	Pz	9 (1,118)**	0.4 (0.15) vs. -0,1 (0.14)			
1.000–1.200				Cond	32.3 (1,1896)***	0.24 (0.05) vs. -0.19 (0.05)
				Cond × Hem	6.7 (1,1896)**	
				Hem direito	31.4 (1,958)***	0.38 (0.08) vs. -0.24 (0.07)
				Cond × Loca	9.18 (2,1896) ***	
				Loca anterior	25.8 (1,718)***	0.34 (0.1) vs. -0.4 (0.1)
				Loca central	10.4 (1,238)**	0.4 (0.1) vs. -0.13 (0.1)

Para as condições de fronteira em comparação com as condições “sem fronteira”, o resultado mostra que através da janela de tempo de [400-600] o amplo efeito de deflexão positiva foi apenas significativo nos eletrodos da linha média e mais proeminente no IP. Em [600-800] e [800-1.000] o efeito foi significativo para ambos (i) eletrodos de linha média (mais proeminentes em Cz e Pz) e (ii) eletrodos laterais (mais proeminentes no hemisfério direito para IP em [600-800] e apenas mais proeminente no hemisfério direito em [800-1.000]). No que diz respeito à janela de tempo de [1.000-1.200], o efeito foi apenas significativo nos eletrodos laterais e mais proeminente no hemisfério direito, localizações anterior e central.

4. DISCUSSÃO

Os resultados da análise acústica mostraram diferenças na força das pistas prosódicas marcando *IPB* e *UB* (também coincidindo com um *IPB*) em comparação com *NIPB* e *NUB*. Principalmente, essas diferenças também foram observadas na comparação entre *IPB* e *UB*. Em um enunciado (agrupando mais de um *IPB*), esses resultados indicam claramente, em consonância com a literatura (Moraes, 1995; Wichmann, 2000; Oliveira, 2000; Frota & Vigário, 2000; Tenani, 2002; Fernandes, 2007; Serra, 2009; Serra & Frota, 2009; Chacon & Fraga, 2014), que, do ponto de vista da produção, as fronteiras prosódicas de hierarquia diferente são caracterizadas de forma diferente. Eles também demonstram que muitas dessas diferenças aparecem antes do início do próprio limite.

Os achados comportamentais revelaram respostas de ERP significativamente mais positivas ao processamento de *IPB* interno e *UB* interno (também coincidindo com um *IPB*) quando comparados com a ausência dessas fronteiras. Foi observada que a detecção das fronteiras prosódicas envolveu as regiões da linha média, hemisférica direita e esquerda do cérebro. No entanto, essa detecção envolveu predominantemente o hemisfério direito, localizações central e anterior. Presumimos que a ampla deflexão positiva de ERPs que observamos em nossos resultados é o CPS em resposta ao processamento de *IPB* e *UB* nos enunciados usados no presente estudo.

Além disso, antes da resposta CPS, de ~ 200 a 400 ms após o início das sílabas tônicas de “palavras-alvo” para *IPB* e *UB*, encontramos um “pico negativo inicial” que foi mais pronunciado sobre os eletrodos do hemisfério esquerdo. Consideramos que esse efeito ERP é a negatividade pré-CPS também observada em estudos anteriores (Pannekamp et al., 2005; Kerkhofs et al., 2008; Bögels et al., 2010; Pauker et al., 2011). Essa “negatividade precoce” pode ser uma consequência do processamento de pistas prosódicas iniciais que marcam as fronteiras prosódicas. Como também foi observado para *NIPB* e *NUB*, pode-se sugerir que seja desencadeado pelo esforço neural associado à expectativa de uma fronteira prosódica, devido ao conhecimento linguístico dos ouvintes. A negatividade menos pronunciada que observamos para *NIPB* e *NUB* é certamente devido ao fato de que as fronteiras prosódicas eventualmente não ocorreram.

A distribuição mais pronunciada da “negatividade inicial” no couro cabeludo no hemisfério esquerdo corrobora achados anteriores (Pannekamp et al., 2005; Kerkhofs et al., 2008; Bögels et al., 2010), embora, notavelmente, Pauker et al. (2011) tenham encontrado uma negatividade pré-CPS lateralizada

à direita. Em consonância com estudos anteriores de ERP (Steinhauer et al., 1999; Steinhauer & Friederici, 2001; Pannekamp et al., 2005; Peter et al., 2014) sobre processamento de fronteira prosódica em sentenças normais, o CPS foi elicitado em condições de escuta como um marcador de *IPB* e *UB* (também coincidindo com um *IPB*). A comparação deste componente ERP para o *IPB* interno e o *UB* interno revelou descobertas interessantes. A distribuição do CPS no couro cabeludo relatada para ambas as fronteiras prosódicas na linha média e predominantemente sobre o hemisfério direito, locais central e anterior, é uma indicação de que há uma semelhança no processamento deles. Curiosamente, a distribuição mais pronunciada do CPS no hemisfério direito que encontramos está de acordo com o modelo de via dupla (Friederici & Alter, 2004), que assume que a prosódia linguística é preferencialmente processada no hemisfério direito do cérebro porque transmite informações em um nível suprasegmental, enquanto os processos de fala que requerem análise de informações segmentais (por exemplo, reconhecimento de fonemas) são assumidos como envolvendo predominantemente o hemisfério esquerdo. Além disso, a distribuição frontocentral relatada para sentenças em inglês (por exemplo, Itzhak et al., 2010, p. 10), distribuição do couro cabeludo bilateral e amplamente na linha média (Bögels et al., 2011, p. 428) do CPS corroboram a distribuição do couro cabeludo na linha média, localização anterior e central que encontramos. Embora a distribuição do CPS no couro cabeludo varie até certo ponto ao longo dos estudos – provavelmente em função da variação experimental e das condições de estímulo (Pannekamp et al., 2005, p. 6) – podemos afirmar que os efeitos do CPS não são apenas relatados com uma ampla distribuição em todo o couro cabeludo (por exemplo, Steinhauer et al., 1999; Kerkhofs et al., 2007; Leone-Fernandez et al., 2016a, b), mas também com localizações mais específicas, incluindo uma distribuição centroparietal para sentenças alemãs (Steinhauer and Friederici).

Em relação à latência, amplitude e duração do início, as diferenças na força das pistas prosódicas que marcam *IPB* e *UB* interagiram com a elicitação do efeito CPS. Notadamente, as estimativas de latência de início vieram de uma inspeção visual das grandes médias que substanciamos com análise estatística. Nos eletrodos da linha média, o CPS para o *IPB* pareceu mostrar um início precoce (~ 400 ms), duração mais longa (~ 600 ms) e amplitude mais alta em comparação com *UB* com início tardio (~ 600 ms) e duração mais curta (~ 400 ms) do efeito CPS. Nos eletrodos laterais também, sobre o hemisfério direito em locais central e anterior, o CPS para o *IPB* pareceu mostrar um início precoce

(~ 600 ms), maior duração (~ 600 ms) e maior amplitude em comparação com *UB* com um início (~ 800 ms), duração mais curta (~ 400 ms) do efeito CPS. Essas latências de início do CPS estão, em ter grande medida, de acordo com estudos anteriores (Steinhauer et al., 1999; Pannekamp et al., 2005), onde o CPS estava presente cerca de 500 ms após o início do limite do IP. Além disso, as durações estão, em grande medida, de acordo com a duração de 500 a 700 ms do efeito CPS observado em pesquisas anteriores (Steinhauer et al., 1999; Pauker et al., 2011). Notavelmente, essas comparações foram estabelecidas com cautela, uma vez que, ao contrário do estudo atual, a maioria das outras pesquisas não bloqueou o tempo do CPS para o início da sílaba tônica pré-fronteira.

É importante ressaltar que essas observações fundamentaram a hipótese que formulamos sobre a modulação (no que diz respeito à latência de início, amplitude e duração) do CPS, em função das diferenças na força das pistas prosódicas que marcam *IPB* interno e *UB* interno nos enunciados que nós usamos. A latência de início precoce, duração mais longa e amplitude relativamente maior do efeito CPS para o *IPB* em comparação com a latência de início tardio, duração reduzida e amplitude menor para o *UB* são uma indicação de que as pistas prosódicas acústicas que sinalizam ambas as fronteiras variaram e foram processadas de maneiras diferentes.

Crucialmente, o *IPB* foi marcado pelo alongamento da sílaba pré-final e variação do tom, enquanto o *UB*, além dessas pistas, foi marcado por uma pausa. Além da pausa – que não aciona o CPS per se (Steinhauer et al., 1999; Leone-Fernandez et al., 2016a, b) – a análise acústica mostrou que as pistas acústicas que marcam as duas fronteiras eram diferentes. *IPB* foi marcado por alongamento de sílaba pré-final mais longo e um contorno nuclear ascendente caracterizando uma “ascensão contínua”, em comparação com *UB*, que foi marcado por alongamento de sílaba pré-final menor e um contorno nuclear decrescente (ou queda final) caracterizando um “declaração neutra” (Tenani, 2002; Frota and Moraes, 2016). Presumivelmente, essas pistas acústicas guiaram os ouvintes na detecção de que *IPB* e *UB* coincidiam com as fronteiras da oração e do enunciado, respectivamente, nas declarações que usamos. Uma vez que estudos anteriores apoiaram a ideia de que o CPS é principalmente elicitado por pistas prosódicas acústicas (Brouwer et al., 2012; Leone-Fernandez et al., 2016a, b), enquanto as pistas linguísticas modulam sua amplitude e topografia do couro cabeludo (Kerkhofs, Vonk, Schriefers, and Dorothee J Chwilla), formulamos a hipótese de que os efeitos CPS encontrados no *IPB* e *UB* podem ter sido elicitados por pistas prosódicas acústicas, enquanto diferenças de informações linguísticas

(isto é, sintáticas e semânticas), caracterizando orações subordinadas e principais, modulavam a latência, amplitude e duração do início. Isso poderia ter sido amplamente comprovado neste estudo se IP e U fossem semanticamente e sintaticamente possíveis e apenas pela prosódia. Notavelmente, embora o *IPB* não tenha sido marcado por uma pausa, foi sinalizado por intervalos de silêncio que não foram manipulados. Sugerimos que a presença dessas pequenas pausas pode ter impactado na modulação do CPS que observamos. Pesquisas futuras, onde controlamos esses intervalos de silêncio, devem determinar seu impacto sobre os efeitos do CPS.

De acordo com Kerkhofs et al. (2008), a amplitude do CPS é modulada em função da saliência dos marcadores de contorno prosódicos. Esta presunção sugere que a “subida contínua” caracterizada pelo tom de fronteira – alongamento pré-final mais longo (na sílaba tônica pré-fronteira), aumento do pitch e intensidade mais alta (na sílaba tônica pré-fronteira e pós-tônica) – marcando o *IPB* desencadeou a maior amplitude do CPS que observamos em comparação com a menor amplitude do CPS para *UB*, que foi marcada pelo tom de fronteira – menos alongamento pré-final (na sílaba tônica pré-fronteira), queda do tom e menor intensidade (na sílaba tônica pré-fronteira e sílaba pós-tônica) – caracterizando um “enunciado neutro”. Portanto, essa diferença na força das pistas prosódicas parece ser o fator mais provável para explicar a diferença de amplitude relativa do CPS existente entre *IPB* e *UB*. Aparentemente, os ouvintes eram sensíveis às diferenças de padrão prosódico entre *IPB* e *UB*.

Uma explicação plausível para a diferença de latência de início pode, também, estar relacionada às diferenças na força das pistas prosódicas. A latência de início precoce do CPS para *IPB* em comparação com *UB* pode refletir um processamento mais rápido para *IPB*. Isso pode ser explicado principalmente pelo fato de a sílaba tônica pré-fronteira – marcando o início da fronteira prosódica – para *IPB*, em comparação com *UB*, ter pistas acústicas mais evidentes incluindo alongamento mais longo, maior F0 média e maior intensidade média. Isso parece ter desencadeado um efeito CPS inicial para *IPB* em comparação com *UB*.

Quanto à diferença de duração, sugerimos que a duração do CPS variou em função de sua modulação em amplitude. Conforme refletido na análise acústica, a manifestação em pistas prosódicas é que *IPB* foi marcado por um alongamento de sílaba pré-final mais longo (em sílaba tônica pré-fronteira) em comparação com *UB*, resultando em uma saliência mais alongada de marcadores prosódicos acústicos relatados para *IPB*. Assim, a diferença de duração do CPS pode ser

atribuída à diferença de alongamento da sílaba pré-final entre *IPB* e *UB*. Levando toda a discussão em consideração, podemos concluir que a amplitude, latência de início e duração dos efeitos CPS refletiram a extensão em que as pistas prosódicas acústicas foram ativadas, de acordo com achados anteriores (Steinhauer & Friederici, 2001; Steinhauer, 2003).

5. CONCLUSÃO

Este estudo apresenta evidências para o fato de que, na compreensão da fala, os ouvintes são sensíveis a pistas prosódicas de diferentes níveis constituintes, a saber, *IPB* e *UB* no português brasileiro. Isso foi observado por meio do exame das diferenças prosódicas entre as fronteiras que sinalizam os dois constituintes e da análise das respostas neurofisiológicas ao processamento de pistas que as sinalizam por meio de um experimento que inspeciona o componente de ERP *Closure Positive Shift* (CPS). O estudo contribui para os campos de pesquisa do processamento da fala e compreensão da linguagem falada, fornecendo evidências para a diferença no processamento de frases internas e fronteiras prosódicas de enunciados internos (conforme refletido nos diferentes parâmetros dos componentes do CPS observados nas duas fronteiras distintas). A comparação das duas respostas CPS é uma contribuição relevante para o campo, fornecendo insights sobre os processos neurocognitivos em constituintes frasais hierarquicamente e prosodicamente diferentes.

REFERÊNCIAS

Araújo, Dráulio B. de, et al. “Localizando a Atividade Cerebral via Magnetoencefalografia”. *Ciência e Cultura*, vol. 56, no. 1, 2004, pp. 38-40.

Barbara Grosz; Julia Hirschberg. “Some Intonational Characteristics Of Discourse Structure”. In *Proceeding of the International Conference on Spoken Language Processing*, 1992, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.37.8065>.

Beckman, Mary, et al. “Prosodic Structure and Tempo in a Sonority Model of Articulatory Dynamics”. *Gesture, Segment, Prosody*, edited by Gerard J. Docherty and D. Robert Ladd, Cambridge University Press, 1992, pp. 68-89, doi:10.1017/CBO9780511519918.004.

Beckman, Mary E., and Jan Edwards. “Lengthenings and Shortenings and the Nature of Prosodic Constituency”. *Papers in Laboratory Phonology*, edited by

John Kingston and Mary E. Beckman, Cambridge University Press, 1990, pp. 152-78, doi:10.1017/CBO9780511627736.009.

Beckman, Mary E., and Janet B. Pierrehumbert. “Intonational Structure in Japanese and English”. *Phonology*, vol. 3, May 1986, p. 255, doi:10.1017/S095267570000066X.

Boersma, P., and D. Weenink. “Praat: Doing Phonetics by Computer (Version 4.5.) [Computer Program]”. Retrieved from <Http://Www.Praat.Org/>, vol. 5, no. 9/10, 2007, pp. 341-45, papers3://pUBlication/uuid/AF582E4D-2F7A-409E-B-4F1-7A10385D9135.

Bögels, Sara, Herbert Schriefers, Wietske Vonk, and Dorothee J. Chwilla. “Prosodic Breaks in Sentence Processing Investigated by Event-Related Potentials”. *Linguistics and Language Compass*, vol. 5, no. 7, 2011, pp. 424-40, doi:10.1111/j.1749-818X.2011.00291.x.

Bögels, Sara, Herbert Schriefers, Wietske Vonk, Dorothee J. Chwilla, et al. “The Interplay between Prosody and Syntax in Sentence Processing: The Case of SUBject- and Object-Control Verbs”. *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 22, no. 5, 2010, pp. 1036-53, doi:10.1162/jocn.2009.21269.

Brouwer, Harm, et al. “Getting Real about Semantic Illusions: Rethinking the Functional Role of the P600 in Language Comprehension”. *Brain Research*, vol. 1.446, 2012, pp. 127-43, doi:10.1016/j.brainres.2012.01.055.

Byrd, Dani, et al. “How Far, How Long: On the Temporal Scope of Prosodic Boundary Effects”. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 120, no. 3, Sept. 2006, pp. 1589-99, doi:10.1121/1.2217135.

Cambier-Langeveld, GM. *Temporal Marking of Accents and Boundaries*. Den Haag: Holland Academic Graphics, 2000, <https://dare.uva.nl/search?identifier=e26b40a8-a920-453b-9fc2-589d0656c350>.

Chacon, Lourenço, and Milena Fraga. “Pausas na Interpretação Teatral: Delimitação de Constituintes Prosódicos”. *Filologia e Linguística Portuguesa*, vol. 16, no. 1, July 2014, p. 121, doi:10.11606/issn.2176-9419.v16i1p121-146.

Delorme, Arnaud, and Scott Makeig. “EEGLAB: An Open Source Toolbox for Analysis of Single-Trial EEG Dynamics Including Independent Component Analysis”. *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 134, no. 1, 2004, pp. 9-21, doi:10.1016/j.jneumeth.2003.10.009.

Fernandes, Flaviane Romani. *Ordem, Focalização e Preenchimento em Português: Sintaxe e Prosódia*. Universidade Estadual de Campinas, 2007, http://www.tycho.iel.unicamp.br/~tycho/pesquisa/monografias/FERNANDES_FR-Dr.pdf.

Féry, Caroline, et al. “Correlates of Phrasing in French and German from an Experiment with Semi-Spontaneous Speech”. *Intonational Phrasing in Romance and Germanic*, 2011, pp. 11-41, <https://benjamins.com/#catalog/books/hsm.10/main>.

Friederici, Angela D. “The Brain Basis of Language Processing: From Structure to Function”. *Physiological Reviews*, vol. 91, no. 4, Oct. 2011, pp. 1357-92, doi:10.1152/physrev.00006.2011.

Frota, Sónia, et al. *P-ToBI: Tools for the Transcription of Portuguese Prosody*. 2015.

Frota, Sónia, and João Moraes. “Intonation in European and Brazilian Portuguese”. *The Handbook of Portuguese Linguistics*, edited by Sergio Menuzzi W. Leo Wetzels, João Costa, 2016.

Frota, Sónia, and Marina Vigário. “Aspectos de Prosódia Comparada: Ritmo e Entoação no PE e no PB”. *Actas Do XV Encontro da Associação Portuguesa de Linguística*, 2000, pp. 533-55, <http://labfon.letras.ulisboa.pt/SonseMelodias/APLPEPB.pdf>.

Geluykens, Ronald, and Marc Swerts. “Prosodic Cues to Discourse Boundaries in Experimental Dialogues”. *Speech Communication*, vol. 15, no. 1-2, Elsevier Science PUBLishers B. V., Oct. 1994, pp. 69-77, doi:10.1016/0167-6393(94)90042-6.

Gilbert, Ac, et al. “Effects of Temporal Chunking on Speech Recall”. *Speech Prosody*, 2012, pp. 2-5, www.phonetique.info.

Gilbert, Annie C., et al. “Exploring the Rhythmic Segmentation of Heard Speech Using Evoked Potentials”. *Proceedings of the 5th International Conference on Speech Prosody (SP2010)*, no. JANUARY 2010, 2010.

Gilbert, Annie C, et al. “The Perceptual Chunking of Speech: A Demonstration Using ERPs”. *Brain Research*, vol. 1603, Elsevier, 2015, pp. 101-13, doi:10.1016/j.brainres.2015.01.032.

Hirst, Daniel, and Albert Di Cristo. "A Survey of Intonation Systems". *Intonation Systems A Survey of Twenty Languages*, no. January 1998, 1998, pp. 1-44, <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=LClvNiI4k0sC&pgis=1>.

Itzhak, Inbal, et al. "Event-Related Potentials Show Online Influence of Lexical Biases on Prosodic Processing". *Neuroreport*, vol. 21, no. 1, 2010, pp. 8-13, doi:10.1097/WNR.0b013e328330251d.

Kerkhofs, Roel, Wietske Vonk, Herbert Schriefers, and Dorothee J Chwilla. "Discourse, Syntax, and Prosody: The Brain Reveals an Immediate Interaction". *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 19, no. 9, 2007, pp. 1.421-34, doi:10.1162/jocn.2007.19.9.1421.

Kerkhofs, Roel, Wietske Vonk, Herbert Schriefers, and Dorothee J. Chwilla. "Sentence Processing in the Visual and Auditory Modality: Do Comma and Prosodic Break Have Parallel Functions?" *Brain Research*, vol. 1224, 2008, pp. 102-18, doi:10.1016/j.brainres.2008.05.034.

Kowal, Sabine, et al. "The Use of Time in Storytelling". *Language and Speech*, vol. 26, no. 4, 1983, pp. 377-92, doi:10.1177/002383098302600405.

Kutas, M., and S. A. Hillyard. "Brain Potentials during Reading Reflect Word Expectancy and Semantic Association". *Nature*, vol. 307, no. 5.947, 1984, pp. 161-63, doi:10.1038/307161a0.

Kutas, M., and S. A. Hillyard. "Reading Senseless Sentences: Brain Potentials Reflect Semantic Incongruity". *Science (New York, N.Y.)*, vol. 207, no. 4.427, 1980, pp. 203-05, doi:10.1126/science.7350657.

Ladd, D. Robert. "Intonational Phrasing: The Case for Recursive Prosodic Structure". *Phonology*, vol. 3, 1986, p. 311, doi:10.1017/S0952675700000671.

Ladd, D. Robert. "Introduction to Intonational Phonology". *Intonational Phonology*, Cambridge University Press, 2008, pp. 3-42, doi:10.1017/CBO9780511808814.002.

Ladd, D. Robert, and Nick Campbell. "Theories of Prosodic Structure: Evidence from Syllable Duration". *Proceedings of the 12th International Congress of Phonetic Sciences*, vol. 2, 1991, pp. 290-93.

Li, W., and Y. Yang. "Perception of Prosodic Hierarchical Boundaries in Mandarin Chinese Sentences". *Neuroscience*, vol. 158, no. 4, 2009, pp. 1.416-25, doi:10.1016/j.neuroscience.2008.10.065.

Liberman, Mark, and Alan Prince. "On Stress and Linguistic Rhythm". *Linguistic Inquiry*, vol. 8, no. 2, 1977, pp. 249-336, doi:10.2307/4177987.

Lopez-Calderon, Javier, and Steven J. Luck. "ERPLAB: An Open-Source Toolbox for the Analysis of Event-Related Potentials". *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 8, Frontiers, Jan. 2014, p. 213, doi:10.3389/fnhum.2014.00213.

Männel, Claudia, and Angela D. Friederici. "Intonational Phrase Structure Processing at Different Stages of Syntax Acquisition: ERP Studies in 2-, 3-, and 6-Year-Old Children". *Developmental Science*, vol. 14, no. 4, 2011, pp. 786-98, doi:10.1111/j.1467-7687.2010.01025.x.

Männel, Claudia, and Angela D. Friederici. "Pauses and Intonational Phrasing: ERP Studies in 5-Month-Old German Infants and Adults". *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 21, no. 10, 2009, pp. 1.988-2.006, doi:10.1162/jocn.2009.21221.

Martins, Vanessa de Oliveira, and Claudia Andrade Furquim de Regina. *Perfil Evolutivo da Fluência da Fala de Falantes do Português Brasileiro*. no. 1, 2008, pp. 7-12, doi:10.1590/S0104-56872008000100002.

Moraes, J. A. *Lexical e Acentuação Frasal Em Português. Um Estudo Acústico-Perceptivo*. Estudos Lingüísticos e Literários 17, pp. 39-57, http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000098&pid=S0102-4450199800030000500024&lng=pt.

Nespor, Marina, and Irene Vogel. "Prosodic Phonology :With a New Foreword". *Studies in Generative Grammar*, vol. 28, 2007.

Nespor, Marina, and Irene Vogel. "Prosodic Phonology". *Linguistic Inquiry*, 1986.

Nespor, Marina, and Irene Vogel. *Prosodic Structure Above the Word*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1983, pp. 123-40, doi:10.1007/978-3-642-69103-4_10.

Oldfield, R. C. "The Assessment and Analysis of Handedness: The Edinburgh Inventory". *Neuropsychologia*, vol. 9, no. 1, 1971, pp. 97-113, doi:10.1016/0028-3932(71)90067-4.

Oliveira, Miguel. *Prosodic Features in Spontaneous Narratives*. Simon Frazer University, Vancouver, Canada, 2000.

Pannekamp, Ann, et al. “Prosody-Driven Sentence Processing: An Event-Related Brain Potential Study”. *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 17, no. 3, 2005, pp. 407-21, doi:10.1162/0898929053279450.

Passonneau, Rebecca J., and Diane J. Litman. “Intention-Based Segmentation: Human Reliability and Correlation with Linguistic Cues”. *Proceeding of the 31st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL-93)*, 1993, p. 8, <http://arxiv.org/abs/cmp-lg/9405015>.

Pauker, Efrat, et al. “Effects of Cooperating and Conflicting Prosody in Spoken English Garden Path Sentences: ERP Evidence for the Boundary Deletion Hypothesis”. *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 23, no. 10, 2011, pp. 2.731-51, doi:10.1162/jocn.2011.21610.

Peter, Varghese, et al. “Using Event-Related Potentials to Measure Phrase Boundary Perception in English”. *BMC Neuroscience*, vol. 15, no. 1, 2014, p. 129, doi:10.1186/s12868-014-0129-z.

Santana, Santos Raquel, and Eneida Goes Leal. “Os Domínios Prosódicos e a Duração de Sílabas no Português Brasileiro”. *Estudos da Língua(Gem)*, vol. 8, no. 2, 2011, pp. 133-71.

Schmidt-Nielsen, Astrid. *Intelligibility and Acceptability Testing for Speech Technology*. 1992, <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a252015.pdf>.

Selkirk, Elisabeth O. “Phonology and Syntax: The Relation between Sound and Structure”. *Current Studies in Linguistics Series*, 1984, doi:10.1.1.78.8619.

Selkirk, Elisabeth O. “The Role of Prosodic Categories in English Word Stress”. *Linguistic Inquiry*, vol. 11, no. 3, 1980, pp. 563-605.

Serra, Carolina. “A interface prosódia-sintaxe e prosódico no português do brasil. Prosody-Syntax Interface and Prosodic Phrasing in Brazilian Portuguese”. *Journal of Speech Sciences*, vol. 5, no. 2, 2016, pp. 47-86.

Serra, Carolina. *Realização e Percepção de Fronteiras Prosódicas no Português do Brasil: Fala Espontânea e Leitura*. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2009.

Serra, Carolina, and Sónia Frota. “Fraseamento Prosódico no Português do Brasil: Pistas para a Percepção”. *ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE LINGUÍSTICA, XXV*, http://labfon.letras.ulisboa.pt/texts/APLSerra_Frota 2009.pdf.

Soncin, Geovana, et al. *Percepção de Pausa Em Fronteira Prosódica*. 2017, pp. 143-64.

Steinhauer, K., et al. “Brain Potentials Indicate Immediate Use of Prosodic Cues in Natural Speech Processing”. *Nature Neuroscience*, vol. 2, no. 2, 1999, pp. 191-96, doi:10.1038/5757.

Steinhauer, K., and A. D. Friederici. “Prosodic Boundaries, Comma Rules, and Brain Responses: The Closure Positive Shift in ERPs as a Universal Marker for Prosodic Phrasing in Listeners and Readers”. *Journal of Psycholinguistic Research*, vol. 30, no. 3, 2001, pp. 267-95, doi:10.1023/A:1010443001646.

Steinhauer, Karsten. “Electrophysiological Correlates of Prosody and Punctuation”. *Brain and Language*, vol. 86, no. 1, 2003, pp. 142-64, doi:10.1016/S0093-934X(02)00542-4.

Tenani, Luciani Ester. *Domínios Prosódicos no Português do Brasil: Implicações para a Prosódia e para a Aplicação de Processos Fonológicos*. Universidade Estadual de Campinas, 2002.

Turk, Alice E., and Stefanie Shattuck-Hufnagel. “Multiple Targets of Phrase-Final Lengthening in American English Words”. *Journal of Phonetics*, vol. 35, no. 4, Academic Press, Oct. 2007, pp. 445-72, doi:10.1016/j.wocn.2006.12.001.

Turk, Alice E., and Stefanie Shattuck-Hufnagel. “Word-Boundary-Related Duration Patterns in English”. *Journal of Phonetics*, vol. 28, no. 4, Academic Press, Oct. 2000, pp. 397-440, doi:10.1006/jpho.2000.0123.

Venditti, Jennifer J., et al. “Prosodic Cues to Syntactic and Other Linguistic Structures in Japanese, Korean, and English”. *Signal to Syntax: Bootstrapping from Speech to Grammar in Early Acquisitions*, edited by J. L. Morgan and K. Demuth, 1996, pp. 287-311.

Wichmann, Anne. “Intonation in Text and Discourse: Beginnings, Middles, and Ends”. *Studies in Language and Linguistics*, 2000.

Wightman, C. W., et al. “Segmental Durations in the Vicinity of Prosodic Phrase Boundaries”. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 91, no. 3, 1992, pp. 1.707-17, doi:10.1121/1.402450.

Wolff, Susann, et al. “The Neural Mechanisms of Word Order Processing Revisited: Electrophysiological Evidence from Japanese”. *Brain and Language*, vol. 107, no. 2, 2008, pp. 133-57, doi:10.1016/j.bandl.2008.06.003.

Zhang, Hongming. *Syntax-Phonology Interface: Argumentation from Tone Sandhi in Chinese Dialects*. Routledge, Routledge, an imprint of the Taylor & Francis Group, 2017.

