

Como o cérebro processa a informação  
semântica em indivíduos com e sem  
Perturbações do Processamento Auditivo  
(Central): da investigação ao ensino e à  
prática clínica

Carla Matos Silva, Maria Armanda Costa  
& Isabel Barahona da Fonseca

Artigo integrado na  
**Parte 3 "Domínio das Ciências da Saúde"**  
da publicação.

**Páginas do artigo**  
165 a 187

**Título da Publicação**  
Ciências Aplicadas: Coletânea de Estudos

**Coordenação**  
Susana Gonçalves, Helena Almeida, Paula Fonseca, Cândida Malça,  
Fátima Neves, Carlos Dias Pereira e Marco Veloso

**Data de publicação**  
Fevereiro de 2017

**Editor**  
CINEP/IPC

**ISBN (impresso)** 978-989-99463-0-9

**ISBN(ebook)** 978-989-99463-1-6

## Nota biográfica

### Carla Matos **Silva**

Licenciada em Audiologia pela Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra (ESTeSC) e Mestre em Bioética pela Faculdade de Medicina da Universidade do Porto. Doutoranda em Ciência Cognitiva na Universidade de Lisboa. Professora - Adjunta na ESTeSC e Diretora do Departamento de Audiologia. Do seu currículo destacam-se várias apresentações de trabalhos em congressos nacionais e internacionais, assim como publicações em revistas nacionais e internacionais.

### Maria Armada **Costa**

Professora Auxiliar na Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Investigadora do Centro de Linguística da Universidade de Lisboa (CLUL).

### Isabel Barahona da **Fonseca**

Professora Auxiliar na Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Investigadora do Centro de Linguística da Universidade de Lisboa (CLUL).



**Como o cérebro processa a informação  
semântica em indivíduos com e sem  
Perturbações do Processamento Auditivo  
(Central): da investigação ao ensino e à  
prática clínica**

Carla Matos Silva, Maria Armanda Costa  
& Isabel Barahona da Fonseca

A linguagem é por excelência um meio de conhecimento que se encontra em estreita relação com a vivência imediata de cada ser humano com o meio envolvente.

O processamento da palavra implica a ativação de redes semânticas nas quais as palavras, representadas por itens lexicais, criam campos conceptuais (Geeraerts, 2010), sendo que os processos de categorização semântica ocorrem criando maiores ou menores relações de proximidade entre os itens lexicais (Mahon & Caramazza, 2009). Verifica-se que a precisão da resposta e o tempo de reação numa tarefa de decisão lexical melhoram sempre que a palavra alvo é precedida por uma palavra semanticamente relacionada em oposição a um item independente ou desviante (Kutas, & Iragui, 1998).

As teorias sobre o acesso lexical pretendem teorizar como é que o sinal da fala dá acesso a representações num léxico mental (itens armazenados em memória) sendo depois reconhecido como identidade da língua. A fala, que se inicia com a ativação de capacidades perceptivas por um dado estímulo (*input*) e que se espera que culmine no seu reconhecimento, como uma entidade linguística com sentido (*output*), hipoteticamente configurada numa representação mental armazenada em memória. O processo culmina com a identificação do estímulo, ou seja, a sua correspondência com a representação mentalmente ativada (Aitchison, 2002).

Os *Event Related Potentials* (ERPs) refletem o efeito dos estímulos nos sinais EEG, depois de identificados pelos métodos de análise (melhoria da relação sinal/ruído) e correspondem ao efeito conjunto dos potenciais pós-sinápticos de um grande conjunto de neurónios sincronicamente ativos. São um indicador de processamento que tem uma resolução temporal muito elevada, na ordem dos milissegundos. Concentrámo-nos num particular efeito ERP, denominado N400.

O termo N400 é usado como um rótulo heurístico para a atividade cerebral relacionada a estímulo, cujo início ocorre por volta dos 200-600 ms da janela pós-estímulo, com uma morfologia e topografia características e, fundamentalmente, um padrão de sensibilidade em relação a variáveis experimentais (Kutas & Federmeier, 2010). Este ERP negativo surge entre os 250 e 550ms, com um pico máximo nos 400ms e é influenciado pelo processamento de informação semântica. Quanto mais fácil for a adequação entre o significado de uma palavra de conteúdo específico e a especificação semântica do contexto, menor será a amplitude N400 (Hagoort, Hald, Bastiaansen, & Petersson, 2004). Esta visão também pode explicar a constatação de que terminações anómalas, menos esperadas, produzem respostas N400 maiores do que as terminações mais esperadas (sugere-se que a integração é mais difícil quando as expectativas não são cumpridas do que quando são cumpridas) e explica que o priming semântico produza efeitos N400.

Brown & Hagoort (1993) sugerem que a amplitude N400 é um índice de processos de integração semântica da palavra atual no contexto do discurso construído tendo por base as palavras anteriores. Neste ponto de vista, o aumento da amplitude do N400 reflete o aumento da dificuldade de integração da palavra fundamental no contexto da frase anterior. Como alternativa, a amplitude do N400 classifica processos associados com a ativação e recuperação lexical básica (Kutas & Federmeier, 2000). Neste ponto de vista, as amplitudes reduzidas refletem acesso facilitado à informação lexical quando o contexto da palavra ou frase pode pré-ativar os aspetos da representação da palavra fundamental, onde também será considerado o conhecimento do mundo.



O N400 é amplamente descrito como uma consequência do aumento da dificuldade de acesso da informação lexical armazenada em decorrência da anomalia semântica (Osterhout & Holcomb 1995; Lau, Almeida, Hines, & Poeppel, 2009), sendo um dos indicadores eletrofisiológicos cerebrais (ERPs) mais utilizados para o estudo dos processos semânticos e cognitivos envolvidos no acesso e na integração semântica. A utilização de testes psicofisiológicos para evocar componentes cognitivos de ERPs foi implementada e estudada numa série de línguas, no estudo da memória (Marchand, Lefebvre, & Connolly, 2006) e no âmbito da ciência forense (Lefebvre, Marchand, Smith, & Connolly, 2007).

Os ERPs, do ponto de vista dos geradores intracranianos, correspondem à atividade de determinadas regiões neocorticais, onde o sinal provoca uma excitação dos neurónios piramidais no espaço extracelular resultando numa negatividade na região apical das dendrites e num potencial positivo na área do soma. A diferença de voltagem com fluxos iónicos entre os dois polos aproxima-se a um dipolo. O ERP é construído pela somação de dipolos, que transportam uma orientação cortical semelhante e uma atividade sincronizada (Luck, 2005).

As perturbações do processamento auditivo (central) (PPAC) são entendidas como uma perda auditiva funcional em que o indivíduo fica incapacitado de cumprir uma ou mais capacidades do processamento auditivo (central) (PAC), (Musiek & Chermak, 2007; Katz, Chasin, English, Hood, & Tillerry, 2014), residindo a maior parte das queixas na dificuldade de compreensão do discurso principalmente em ambientes de escuta difícil com degradação do sinal e/ou ruído competitivo (Schochat, 1997; ASHA, 2005). Baran & Musiek (2001) consideraram que a utilização de uma bateria de testes na avaliação do PAC, constituída por testes audiológicos comportamentais e eletrofisiológicos, não só é prudente como é necessária. Tanto quanto sabemos não existem trabalhos acerca da utilização do N400 para avaliar o PAC, ainda que seja um marcador eletrofisiológico da integração semântica, exatamente onde residem grande parte das queixas dos indivíduos com Perturbações do Processamento Auditivo. Assim, o presente estudo tem como objetivo perceber os aspetos de violação de propriedades do campo semântico, criando

condições de congruência/incongruência, por via auditiva, em indivíduos com e sem Perturbações do Processamento Auditivo Central, utilizando para o efeito testes comportamentais e eletrofisiológicos. Pretende-se, de igual modo, aplicar no ensino e na prática clínica o conhecimento adquirido no âmbito desta investigação.

## **Metodologia**

A presente investigação foi constituída por um estudo comportamental e um estudo eletrofisiológico. No estudo comportamental, registaram-se os tempos de reação (TR) e a precisão de resposta, enquanto no estudo eletrofisiológico registou-se a polaridade da forma de onda, a sua amplitude e respetivo tempo de latência.

A amostra do estudo comportamental foi constituída por 34 jovens (25 do sexo feminino e 9 do sexo masculino), com idade média de  $22 \pm 2,2$  anos. Para o estudo eletrofisiológico, a amostra foi constituída por 18 jovens (17 do sexo feminino e 1 do sexo masculino), com idade média de  $20,1$  anos  $\pm (1,1)$ , e com habilitação académica mínima o 12º ano. As condições de inclusão dos sujeitos no estudo foram as seguintes:

- Língua materna – Português Europeu;
- Sem alterações otológicas;
- Sem queixas de hipoacusia;
- Sem diagnóstico de perturbações do processamento auditivo (central);
- Sem queixas ou diagnóstico de patologia neurológica;
- Sem queixas ou diagnóstico de patologia do foro psiquiátrico.
- Livres do consumo de medicação neurológica, psiquiátrica, ou outra que possa interferir com a capacidade de reação.

A amostra foi composta, ainda, por um grupo de três sujeitos com diagnóstico confirmado de perturbações do processamento auditivo (central), dois do sexo feminino e um do sexo masculino com idade média de 20 anos ( $\pm 1$ ), cuja



habilitação académica era o 12º ano. Dado tratar-se de um reduzido número de com PPAC, não se realizou estatística inferencial, optando-se por uma análise exploratória do tipo estudo de caso.

## Hipóteses

Atendendo a que a condição de incongruência numa série de quatro palavras, criada pela ocorrência de uma palavra desviante relativamente ao campo semântico principal, vai criar efeitos de maior dificuldade de integração da informação linguística:

**H1:** espera-se que nos testes comportamentais haja um aumento dos TR nas palavras incongruentes comparativamente às palavras congruentes nos indivíduos com e sem PPAC.

**H2:** espera-se que nos testes eletrofisiológicos se desencadeie uma onda típica da incongruência semântica – N400 nos indivíduos com e sem PPAC.

Depois de salvaguardadas as questões éticas, designadamente a autorização do estudo por parte de uma comissão de ética, assim como a obtenção do termo de consentimento informado livre e esclarecido de todos os participantes, os indivíduos foram submetidos a uma avaliação da audição periférica e central, que incluiu: otoscopia, timpanograma, pesquisa de reflexos estapédicos ipsi e contra-laterais, audiometria tonal simples, cálculo do *Speech reception threshold* (SRT), determinação da percentagem de discriminação vocal a 40dB, *Staggered Spondaic Word Test* (SSW), *Gap in Noise* (GIN) e teste de fala no ruído. Na tabela seguinte podemos analisar os resultados obtidos pelos indivíduos com PPAC nos testes comportamentais utilizados no estudo do processamento auditivo (central). Os restantes indivíduos apresentaram resultados normais nos referidos testes.

Tabela 1. Resultados dos testes de Processamento Auditivo (Central) dos indivíduos com PPAC

Teste	Sujeito A	Sujeito B	Sujeito C	Referencia	Autor
<b>SSW</b>	99,37%	95,62%	93,12%	97,5%	(Katz, 1963) (Martins, 2008)
<b>GIN</b>	OD - 5ms OE - 6ms	OD - 6ms OE - 7ms	OD - 6ms OE - 5ms	OD - 5,49 OE - 5,34	(Martins, 2013)
<b>Fala Filtrada</b>	OD - 50% OE - 57,5%	OD - 42,5% OE - 52,5%	OD - 65% OE - 80%	>77% >78%	(Martins, 2013) (Bellis, 2000)

Num segundo momento da recolha de dados foram realizados testes comportamentais e de ERPs aos respetivos grupos (amostras distintas), sendo os participantes instruídos quanto à natureza e procedimento da experiência. A experiência consistiu em ouvir séries de 4 palavras, em que 3 denotam entidades pertencentes a um campo lexical principal (objetos, frutos, animais) e um quarto item, desviante, pertencente a um outro campo semântico (profissões, peixes, flores), num total de 360 palavras. Foram considerados os seguintes aspetos relativamente à construção dos estímulos para as duas condições experimentais (congruência *versus* incongruência): frequência dos itens na língua, comprimento da palavra (carateres e número de sílabas) e propriedades léxico-semânticas (animado *versus* inanimado). A palavra alvo podia surgir na terceira ou quarta posição (Tabela 2). Posteriormente procedeu-se à gravação dos estímulos, utilizando estratégias para controlar a entoação.

Tabela 2. Exemplos dos estímulos linguísticos utilizados

Campo semântico frutos: <i>pera / maçã / <b>truta</b> / manga; romã / kiwi/ melão / <b>solha</b></i>
Campo semântico animais: <i>grilo/ corvo / <b>chorão</b>/ mocho; aranha /cigarra / barata /<b>papoila</b></i>
Campo semântico objetos: <i>gaveta / espelho / <b>bombeiro</b> / relógio; portão / tacho/ colchão / <b>pintor</b></i>

No estudo comportamental, os sujeitos tinham de decidir sobre a aceitabilidade palavra numa tarefa de decisão de aceitação da congruência relativamente ao campo semântico dominante. Foram registados os tempos de reação (TR) e a precisão das respostas (percentagem de acertos). Os estímulos foram apresentados por auscultadores marca Sennheiser modelo HD 201 a uma





intensidade aproximada de 65dB.

Relativamente ao estudo eletrofisiológico, procedeu-se ao registo do EEG, montagem referencial (mastoide esquerda) com eléctrodos, limpeza do couro cabeludo com álcool e creme abrasivo e posterior colocação dos eléctrodos de cloreto de prata, colocados nas seguintes derivações: F3; P3; T3; T5; F4; P4; T4; T6 e Cz (Sistema Internacional 10/20). Foi ainda utilizado um eléctrodo terra que foi colocado na frente. Dado o número de canais possíveis ser limitado a nove, optamos pelas derivações acima referidas seguindo as guidelines propostas por Duncan, Barry, Connolly, Fischer, & Michie, (2009).

Ainda antes do início da experiência propriamente dita, foram apresentadas instruções no monitor informando novamente cada participante sobre o procedimento e a tarefa a executar, nomeadamente a atenção aos estímulos: ao longo da experiência foram realizadas tarefas de controlo de atenção relativamente aos estímulos ouvidos. Nesta fase de recolha foi utilizado um equipamento de eletroencefalograma (EEG) com as seguintes características:

- ganho de amplificação do sinal de EEG de 20.000;
- amplitude de 1microvolt;
- frequência de amostragem de 200Hz;
- filtro passa-banda entre 0,1 e 35Hz.

A apresentação dos estímulos foi por via auditiva, pelo que após a colocação dos eléctrodos procedemos à colocação dos auscultadores convencionais de marca Sennheiser, modelo HD 201, sendo a estimulação realizada simultaneamente em ambos os ouvidos, a uma intensidade de 65dB aproximadamente. Garantidas as boas condições de registo e a boa compreensão pelos participantes da natureza da tarefa, iniciou-se a fase experimental, utilizando-se dois computadores, um que serviu de suporte ao programa *Super Lab*, versão 4.0, e o outro para o registo da atividade de EEG. Dada a duração da experiência foram realizadas várias pausas durante as quais realizamos tarefas de controlo de atenção, para compreender se os participantes estavam atentos aos estímulos linguísticos ouvidos.

Após a experiência, os sinais EEG, foram visualmente inspecionados tendo sido rejeitados os que continham artefactos. Foram depois submetidos a *averaging* síncrono com a apresentação do estímulo e regressão à média dos 200 ms do período pré-estímulo (baseline). Esta análise foi realizada em separado para cada sujeito, derivação e categoria do estímulo.

## Resultados

### Estudo comportamental

Os indivíduos sem PPAC apresentaram 85,7% de respostas corretas, sendo mais rápidos para os itens congruentes comparativamente aos itens incongruentes com uma diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ) entre as respostas corretas versus incorretas com  $F(1;6016) = 93,251$  com  $P = ,000$  para os itens congruentes e  $F(1;2004) = 18,034$  com  $P = ,000$  para os itens incongruentes. Verificou-se ainda uma diferença estatisticamente significativa entre os itens congruentes versus incongruentes das respostas corretas com  $F(1;6877) = 34,938$  com  $P = ,000$ , o mesmo não se verificou quando comparamos os itens congruentes com os incongruentes para as respostas incorretas onde o valor de  $P$  foi de 0,098.

Tabela 3. *Precisão da resposta e tempo de reação dos indivíduos sem PPAC para os itens congruentes e incongruentes*

	Correta		Incorreta		P (corretas/ incorretas)
	Tempo de Reação (ms)	N (%)	Tempo de Reação (ms)	N (%)	
<b>Congruente</b>	558,43 ± 302,76	5145 (64,1%)	669,49 ± 374,62	873 (10,9%)	,000
<b>Incongruente</b>	610,69 ± 360,75	1734 (21,6%)	715,94 ± 485,60	272 (3,4%)	
<b>P (cong/incong)</b>	,000		0,098		,000

Na tabela 4 verificamos que, à semelhança dos indivíduos sem PPAC, também os indivíduos com PPAC apresentam uma elevada percentagem de respostas



corretas (92,8%). No entanto, apresentam um perfil de resposta oposto aos indivíduos sem PPAC, ou seja apresentam tempos de reação mais rápidos para os itens incongruentes.

Tabela 4. *Precisão da resposta e tempo de reação dos indivíduos com PPAC para os itens congruentes e incongruentes*

	Correta		Incorreta	
	Tempo de Reação (ms)	N (%)	Tempo de Reação (ms)	N (%)
<b>Congruente</b>	653,64 ± 371,04	498 (70,3%)	954,63 ± 461,48	32 (4,5%)
<b>Incongruente</b>	611,54 ± 288,99	159 (22,5%)	650,11 ± 211,74	19 (2,7%)

### Estudo eletrofisiológico

Os resultados da amplitude da forma de onda dos registos eletrofisiológicos, no paradigma da violação de aspetos semânticos em séries de palavras, dos indivíduos sem PPAC revelaram uma amplitude negativa maior nas derivações do hemisfério esquerdo. Obteve-se uma forma de onda de polaridade negativa, com latências na ordem dos 400ms, significativamente mais negativa para as palavras incongruentes do que para as congruentes, ou seja, conseguimos desencadear o efeito N400 nos canais de registo F3, T3, T5, Cz e T4 como podemos constatar da análise da figura 1.

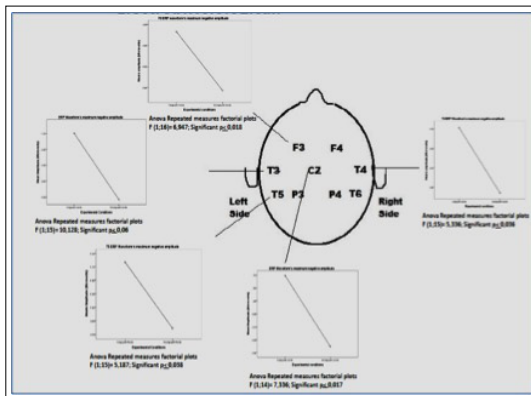


Figura 1. *Resultados dos ERP's nos indivíduos sem PPAC*

Nos indivíduos com PPAC, os resultados eletrofisiológicos revelaram que os itens incongruentes desencadeiam uma forma de onda positiva em F3, P3, T3, T5, F4 e P4 cuja latência varia dos 375ms aos 555ms, como se pode constatar nas tabelas 5 e 6, não sendo esta forma de registro compatível com o efeito N400.

Tabela 5. Valores das amplitudes e latências das derivações de EEG F3, P3, T3 e T5 dos sujeitos com PPAC. O sinal + corresponde à forma de onda positiva e o sinal - à forma de onda negativa

F3	Congruente Amplitude +	9,22 ± 10,65
	Congruente Latência+	491,66 ± 96,99
	Incongruente Amplitude+	<b>16,99 ± 9,47</b>
	Incongruente Latência+	495 ± 79
	Congruente Amplitude-	-15,72 ± 24,78
	Congruente Latência-	386,66 ± 76,86
	Incongruente Amplitude-	<b>-7,74 ± 20,26</b>
	Incongruente Latência-	426,66 ± 70,94
P3	Congruente Amplitude +	3,64 ± 1,244
	Congruente Latência+	536,66 ± 148,352
	Incongruente Amplitude+	<b>13,62 ± 8,469</b>
	Incongruente Latência+	496,66 ± 74,218
	Congruente Amplitude-	-3,14 ± 2,064
	Congruente Latência-	470 ± 162,634
	Incongruente Amplitude-	-4,91 ± 18,109
	Incongruente Latência-	435 ± 91,923
T3	Congruente Amplitude +	,19 ± 2,234
	Congruente Latência+	495 ± 113,137
	Incongruente Amplitude+	<b>7,92 ± 2,283</b>
	Incongruente Latência+	552,50 ± 31,819
	Congruente Amplitude-	-3,56 ± 2,800
	Congruente Latência-	500 ± 42,426
	Incongruente Amplitude-	<b>1,21 ± 1,145</b>
	Incongruente Latência-	495 ± 197,989
T5	Congruente Amplitude +	4,3 ± 5,485
	Congruente Latência+	488,33 ± 96,090
	Incongruente Amplitude+	<b>6,53 ± 5,593</b>
	Incongruente Latência+	493,33 ± 101,283
	Congruente Amplitude-	,91 ± 1,118
	Congruente Latência-	418,33 ± 107,741
	Incongruente Amplitude-	-1,31 ± 1,235
	Incongruente Latência-	518,33 ± 105,396

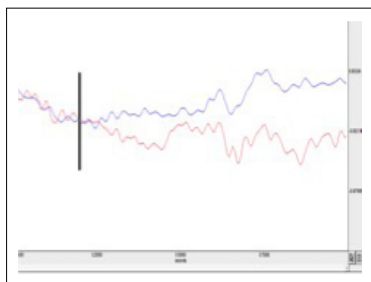


Tabela 6. Valores das amplitudes e latências das derivações de EEG F4, P4, T4 e T6 dos sujeitos com PPAC. O sinal + corresponde à forma de onda positiva e o sinal - à forma de onda negativa

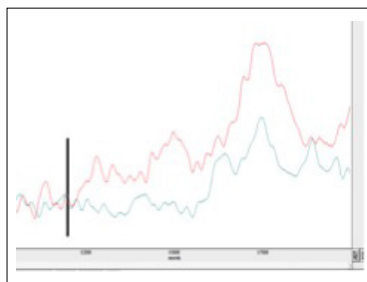
F4	Congruente Amplitude +	1,45 ± ,949
	Congruente Latência+	460 ± 157,400
	Incongruente Amplitude+	<b>4,92 ± 2,398</b>
	Incongruente Latência+	555 ± 52,678
	Congruente Amplitude-	-,80 ± ,455
	Congruente Latência-	375 ± 99,624
	Incongruente Amplitude-	<b>,57 ± 2,146</b>
	Incongruente Latência-	398,33 ± 93,585
P4	Congruente Amplitude +	3,52 ± 2,210
	Congruente Latência+	503,33 ± 94,383
	Incongruente Amplitude+	<b>5,70 ± 5,57</b>
	Incongruente Latência+	405 ± 163,935
	Congruente Amplitude-	-3,47 ± 3,059
	Congruente Latência-	400 ± 91,787
	Incongruente Amplitude-	-3,72 ± 3,616
	Incongruente Latência-	408,33 ± 40,414
T4	Congruente Amplitude +	5,97 ± 3,930
	Congruente Latência+	513,33 ± 14,433
	Incongruente Amplitude+	5,02 ± 3,778
	Incongruente Latência+	496,66 ± 62,516
	Congruente Amplitude-	-,89 ± ,512
	Congruente Latência-	433,33 ± 100,166
	Incongruente Amplitude-	-4,01 ± 1,298
	Incongruente Latência-	398,33 ± 115,902
T6	Congruente Amplitude +	-----
	Congruente Latência+	-----
	Incongruente Amplitude+	-----
	Incongruente Latência+	-----
	Congruente Amplitude-	-----
	Congruente Latência-	-----
	Incongruente Amplitude-	-----
	Incongruente Latência-	-----

Do ponto de vista estritamente do processamento do sinal, as formas de ERPs foram obtidas pelo *averaging* anteriormente descrito. Com vista à apresentação visual das formas de onda dos ERPs computamos a média entre todos os sujeitos por condição experimental, que designamos por *grande média*.

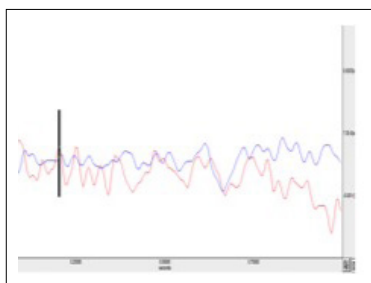
Como pode ser observado, os ERPs grande média dos canais de registo frontal anterior esquerdo (F3), temporal anterior esquerdo (T3), temporal posterior esquerdo (T5), vértex (Cz) e temporal anterior direito (T4) ilustram a resposta eletrofisiológica obtida nos indivíduos sem PPAC, que é mais negativa nos estímulos incongruentes e sugestiva de um N400 (Figuras 2, 4, 6, 8 e 10). A grande média dos três sujeitos com PPAC (Figuras 3, 5, 7, 9 e 11) tem uma forma de onda distinta: obtêm-se ondas positivas tardias do tipo *Late Positive Potentials* (LPP), mais amplas para os estímulos incongruentes.



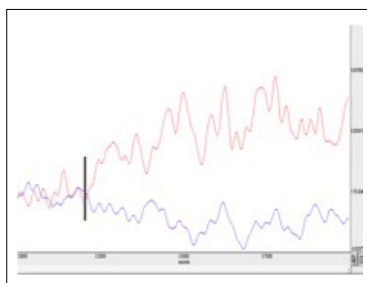
*Figura 2* Forma de onda dos ERP's. Grande média para o canal F3 dos indivíduos sem PPAC. Curva a azul referente aos itens congruentes e curva vermelha para os itens incongruentes.



*Figura 3* Forma de onda dos ERP's. Grande média para o canal F3 dos indivíduos com PPAC. Curva a azul referente aos itens congruentes e curva vermelha para os itens incongruentes



*Figura 4* Forma de onda dos ERP's. Grande média para o canal T3 dos indivíduos sem PPAC. Curva a azul referente aos itens congruentes e curva vermelha para os itens incongruentes.



*Figura 5* Forma de onda dos ERP's. Grande média para o canal T3 dos indivíduos com PPAC. Curva a azul referente aos itens congruentes e curva vermelha para os itens incongruentes

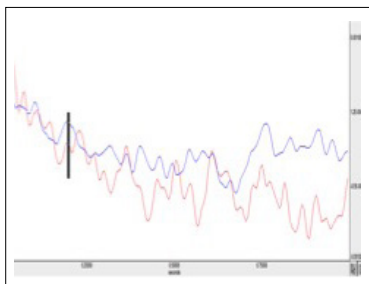


Figura 6 Forma de onda dos ERP's. Grande média para o canal T5 dos indivíduos sem PPAC. Curva a azul referente aos itens congruentes e curva vermelha para os itens incongruentes.

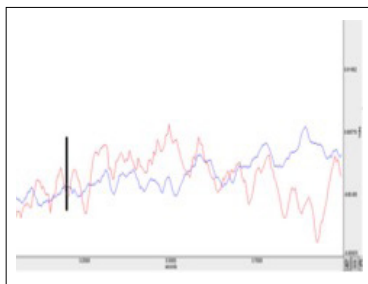


Figura 7 Forma de onda dos ERP's. Grande média para o canal T5 dos indivíduos com PPAC. Curva a azul referente aos itens congruentes e curva vermelha para os itens incongruentes.

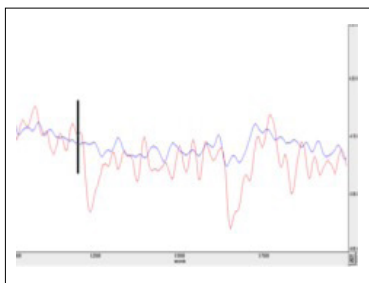


Figura 8 Forma de onda dos ERP's. Grande média para o canal Cz dos indivíduos sem PPAC. Curva a azul referente aos itens congruentes e curva vermelha para os itens incongruentes.

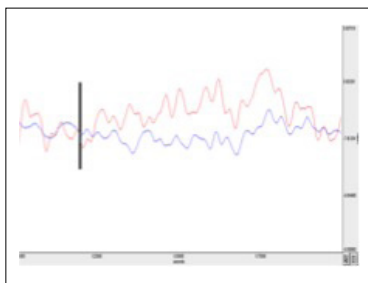


Figura 9 Forma de onda dos ERP's. Grande média para o canal Cz dos indivíduos com PPAC. Curva a azul referente aos itens congruentes e curva vermelha para os itens incongruentes.

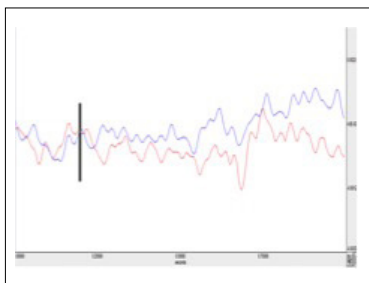


Figura 10 Forma de onda dos ERP's. Grande média para o canal T4 dos indivíduos sem PPAC. Curva a azul referente aos itens congruentes e curva vermelha para os itens incongruentes.

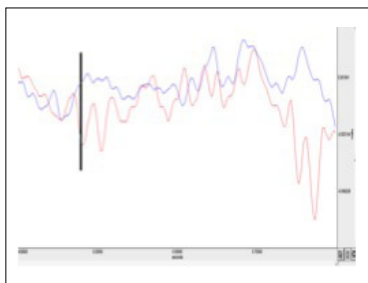


Figura 11 Forma de onda dos ERP's. Grande média para o canal T4 dos indivíduos com PPAC. Curva a azul referente aos itens congruentes e curva vermelha para os itens incongruentes.

## Discussão

Os resultados do estudo comportamental revelaram que independentemente da condição de congruência, há tempos de reação mais elevados nos indivíduos com PPAC. Levando-se em conta as condições de congruência, os indivíduos com PPAC mostram um comportamento oposto ao outro grupo, ou seja apresentam tempos de reação mais altos para os itens lexicais congruentes. O maior tempo para a integração semântica de palavras relacionadas nos indivíduos com PPAC poderá aumentar o estado de atenção para detetar a incongruência semântica?

No que concerne ao estudo eletrofisiológico, nos indivíduos sem PPAC, as formas de onda dos ERPs correlacionadas com palavras incongruentes foram marcadas por uma maior negatividade com uma latência de aproximadamente 400ms - o N400. É para nós interessante a resposta ao ERP para a condição de incongruência de indivíduos com PPAC, que é marcada por uma positividade mais elevada na latência de 500ms (LPP). Estes resultados corroboram parte da hipótese inicialmente colocada, na medida em que se observou o efeito N400 nos indivíduos sem PPAC. Na mesma linha dos nossos resultados, Bentin, McCarthy, & Wood (1985) concluíram que quando uma palavra alvo é precedida por uma palavra semanticamente associada (sal - pimenta), a amplitude do N400 é menor do que quando uma palavra alvo é precedida por uma palavra não relacionada (carro - pimenta).

O significado das palavras assim como o conhecimento do mundo são recrutados e integrados muito rapidamente, numa janela de análise de cerca de 400ms, durante a compreensão dos estímulos linguísticos. Os nossos resultados sustentam a tese de que as terminações imprevisíveis mostram um N400 maior do que as terminações mais previsíveis, o que vai ao encontro dos trabalhos de Kutas & Hillyard (1984). O facto da palavra desviante/incongruente gerar uma forma de onda negativa (N400), com maior amplitude comparativamente às palavras que pertencem ao mesmo campo semântico (congruentes), sugere que a amplitude deste ERP é inversamente proporcional à probabilidade



de adequação (*cloze*) da palavra no contexto (Brown & Hagoort, 2004; Kutas & Federmeier, 2010).

Existem vários estudos sobre a aplicação do N400 em indivíduos com perturbações específicas da linguagem, em perturbações do espectro do autismo e em outro tipo de perturbações. Porém, relativamente às PPAC, apenas se encontram recomendações para o incluir na avaliação do processamento auditivo (central) (Katz, *et al.*, 2014).

No estudo do PAC é comumente utilizado um outro tipo de ERP – o P300 em detrimento do N400. Chiappa (1997) refere que a latência do P300 está diretamente relacionada com a velocidade de processamento da informação do indivíduo, ou seja, se o indivíduo apresentar um processamento de informação rápido, com um rápido reconhecimento do estímulo, menor será a latência. Pelo contrário, quanto mais complexa e exigente é a tarefa proposta ao indivíduo, maior será a latência. Nos indivíduos com PPAC, o P300 costuma estar ausente e quando está presente apresenta baixa amplitude e um tempo de latência mais aumentado (Chermak, Hall, & Musiek, 1999). Talvez estes resultados levem à exclusão do N400 na avaliação do processamento auditivo, no entanto estes dois tipos de ERPs refletem processos distintos e são desencadeados em diferentes paradigmas, diferentes estruturas anatómicas envolvidas e diferentes níveis de processamento linguístico.

No nosso estudo os sujeitos sem PPAC desencadearam um ERP compatível com o N400. Nos sujeitos com PPAC, apesar dos indicadores comportamentais indicarem que estes conseguem realizar tarefas de categorização semântica, não observamos o N400, mas uma forma de onda compatível com um LPP - o que sugere que o processo pelo qual ocorre a integração semântica é distinto do dos sujeitos sem PPAC.

É de notar um estudo de Pijnacker, Geurts, Van Lambalgen, Buitelaar, & Hagoort (2010) sobre o processamento semântico em adultos com perturbações do espectro do autismo. Os autores recorreram a frases congruentes e incongruentes sendo que os resultados apontam para ausência do efeito N400 e da negatividade



sustentada. No entanto, e contrariamente às expectativas os resultados mostraram um componente positivo tardio, que foi maior para as frases semanticamente incongruentes do que para as frases congruentes. Porque o contexto da frase teve um efeito modulador numa fase posterior, a integração semântica é talvez menos automática em indivíduos com perturbações do espectro do autismo, e presumivelmente são necessários processos mais elaborados para se chegar a uma interpretação da frase. Como comentamos acima, no nosso estudo este foi o perfil de resposta para o grupo de indivíduos com PPAC, usando as séries de palavras congruentes versus incongruentes como estímulo linguístico. Nos indivíduos com PPAC ao invés de um esperado N400 para os itens incongruentes, obtivemos ondas positivas tardias com amplitude mais elevada para os itens incongruentes.

## **Conclusão**

Neste estudo foram comprovadas, em parte, as nossas hipóteses de investigação na medida em que conseguimos tempos de reação mais elevados para os itens incongruentes apenas nos indivíduos sem PPAC e conseguimos despoletar o efeito N400 nestes mesmos indivíduos nos canais F3, T3, T5, Cz e T4. Todavia, nos indivíduos com PPAC as palavras incongruentes apresentam tempos de reação mais rápidos (nos testes comportamentais) e desencadearam um ERP com uma forma de onda positiva mais ampla.

Se seguirmos a hipótese de que o N400 indexa a difusão da excitação pelas redes semânticas do cérebro (Halgren & Marinkovic, 1995), podemos pensar que estas redes são excitadas nos indivíduos sem PPAC, o que não se observa nos indivíduos com PPAC. Será que a integração da informação semântica, nos indivíduos com PPAC, implica processos distintos? E de que modo diferem estes processos de integração semântica nos indivíduos com PPAC? Quais as estruturas cerebrais implicadas no processamento semântico dos indivíduos com PPAC?

Integrando estes dados eletrofisiológicos com os resultados comportamentais,



relatados em Silva, Costa & Fonseca (2014), mostramos que embora ambos os grupos realizassem a tarefa semântica com precisão, os processos pelos quais alcançam o acesso são diferentes e apontam para a importância de incluir, na avaliação do processamento auditivo, o N400 como um marcador eletrofisiológico do processamento semântico.

São necessários mais estudos de processamento semântico em indivíduos com PPAC, no sentido de perceber se este perfil de resposta se mantém. É preciso determinar os mecanismos e/ou correlatos neurais envolvidos no processamento semântico dos indivíduos com PPAC, que certamente são diferentes dos indivíduos sem PPAC, e que podem estar na origem das queixas sentidas no que se refere à compreensão e discriminação da palavra em ambientes de escuta difícil ou com degradação do sinal (*input*).

Tanto quanto sabemos este é o primeiro estudo referente ao processamento semântico em português europeu e em sujeitos com PPAC, abrindo-se uma nova linha de investigação que deve ser refletida nos planos curriculares do curso de licenciatura em Audiologia para futura aplicação na prática clínica pelos alunos e por profissionais.

## Referências

- Aitchison, J. (2002). *Words in the mind: introduction to the lexicon* (3rd Ed.). Oxford, UK: Blackweel Publishing.
- Asha. (2005). *American Speech Language Hearing Association. (Central) Auditory Processing Disorders*. Retrieved Março 4, 2011, from www. URL:<http://www.asha.org/members/deskref-journals/deskref/default>.
- Baran, J. A., & Musiek, F. E. (2001). Avaliação comportamental do sistema nervoso auditivo central. In F E Musiek & W. F. Rintelmann (Eds.), *Prespectivas Atuais em Avaliação Auditiva* (pp. 371–410). São Paulo: Manole.
- Bellis, T. & B.eck, B. (2000, August 7). *Central Auditory Processing in Clinical Practice*. Retrieved Maio 13, 2015, from Audiology on line: <http://www.audiologyonline.com/articles/central-auditory-processing-in-clinical-1281>
- Bentin, S., McCarthy, G., & Wood, C. (1985). Event-related potentials, lexical decision and semantic priming. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 60 (4), 343-355.
- Brown, C., & Hagoort, P. (1993). The processing nature of the N400: evidence from masked priming. *Journal Cognition Neuroscience*, 5 (1), 34-44.
- Chermak, G., Hall, J., & Musiek, F. (1999). Differential Diagnosis and Management of Central Auditory Processing Disorder and Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *J Am Acad Audiol*, 10, 289-303.
- Chiappa, K. (1997). *Evoked Potentials in Clinical Medicine* (3rd Ed.). Lippincott - Raven Publishers.
- Duncan, C., Barry, R., Connolly, J., Fischer, C., & Michie, P. (2009). Event-related potentials in clinical research: Guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300, and N400. *Clinical Neurophysiology*, 120 (11), 1883–1908.



- Friederici, A. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 6 (2), 78-84
- Geeraerts, D. (2010). *Theories of Lexical Semantics*. New York: Oxford University Press.
- Hagoort, P., Hald, L., Bastiaansen, M., & Petersson, K. M. (2004). Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension. *Science*, 304 (5669), 438-441.
- Hall, J. (2007). *New Handbook of Auditory Evoked Responses*. New York: Editora Person Education.
- Halgren E, Marinkovic K. (1995). Neurophysiological networks integrating human emotions. In: M. Gazzaniga (Ed.). *The cognitive neurosciences*. Cambridge: MIT Press.
- Katz, J., Basil, R. A., & Smith, J. M. (1963). Staggered Spondaic Word Test for Detecting Central Auditory Lesions. *Annals of Otolaryngology, Rhinology and Laryngology*, 72 (4), 908-918.
- Katz, J., Chasin, M., English, K., Hood, L., & Tillerry, K. (2014). *Handbook of Clinical Audiology* (7th Ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Kutas, M., & Hillyard, S. (1980). Reading senseless: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207 (4427), 203-205.
- Kutas, M., & Federmeier, K. (2000). Electrophysiology reveals semantic memory use in language comprehension. *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (12), 463-70.
- Kutas, M., & Federmeier, K. (2010). Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 14.1-14.27.
- Kutas, M., & Iragui, V. (1998). The N400 in a semantic categorization task across 6 decades. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 108, 456-471.

- Lau, E., Almeida, D., Hines, P., & Poeppel, D. (2009). A lexical basis for N400 context effects: Evidence from MEG. *Brain & Language*, 111 (3), 161-172.
- Lefebvre, C., Marchand, Y., Smith, S. M., & Connolly, J. F. (2007). Determining eyewitness identification accuracy using event-related brain potentials (ERPs). *Journal of Psychophysiology*, 44, 894-904.
- Luck, S. J. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge: MIT Press.
- Mahon, B., & Caramazza, A. (2009). Concepts and Categories: A Cognitive Neuropsychological Perspective. *Annu. Rev. Psychol.*, 60 (1), 27-51.
- Marchand, Y., Lefebvre, C., & Connolly, J. F. (2006). Correlating digit span performance and event related potentials to assess working memory. *Journal of Psychophysiology*, 62, 280-289.
- Martins, J.; Teixeira, A., & Vieira, J. (2008). Testes de Avaliação do *Processamento Auditivo Central*. *Revista Clínica e Investigação em Otorrinolaringologia*, 2 (1), 1-7.
- Martins, J., Alves, M., Pereira, C., & Teixeira, A. (2013). Bateria de Testes de *Processamento Auditivo Central - Dados Normativos para a População adulta - Dados Preliminares*. Porto: Poster apresentado no 60º Congresso Nacional da SPORL
- Musiek, F., & Chermak, G. (2007). *Handbook of (Central) Auditory Processing Disorder*. San Diego: Plural Publishing Inc.
- Osterhout, L., & Holcomb, P. (1995). Event-related potentials and language comprehension. In M. R. Coles (Eds.), *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition* (171-215). New York: Oxford University Press.



- Pijnacker, J., Geurts, B., Van Lambalgen, M., Buitelaar, J., & Hagoort, P. (2010). Exceptions and anomalies: An ERP study on context sensitivity in autism. *Neuropsychologia*, 48, 2940–2951.
- Schochat, E. (1997). Sons Ambientais Competitivos (CES). In L. Pereira & E. Schochat (Eds.) *Processamento Auditivo Central - Manual de Avaliação*. São Paulo: Lovise.
- Silva C. M., Costa, A., & Fonseca, I. (2014). *Electrophysiological and behavioral correlates of semantic processing in subjects with and without auditory processing disorders*. Poster apresentado no HEaring Across the Lifespan (HEAL). Cernobbio. 5-7 June 2014.