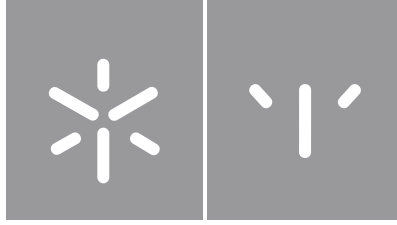




Universidade do Minho
Escola de Psicologia

Maria da Silva Santos

**Mecanismos de Aprendizagem Estatística
de “Palavras” com Probabilidade
Transacional Alta e Baixa em Condições
Implícitas e Explícitas: Evidência
Comportamental e Eletrofisiológica**



Universidade do Minho

Escola de Psicologia

Maria da Silva Santos

**Mecanismos de Aprendizagem Estatística
de “Palavras” com Probabilidade
Transacional Alta e Baixa em Condições
Implícitas e Explícitas: Evidência
Comportamental e Eletrofisiológica**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Psicologia

Trabalho efetuado sob a orientação de
Doutor Francisco Gutiérrez
e
Doutora Ana Paula Soares

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



**Atribuição
CC BY**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Agradecimentos

Depois daquele que considero ter sido o ano mais difícil da minha vida, torna-se impossível finalizar esta etapa e não agradecer às pessoas que estiveram sempre ao meu lado e que acreditaram mais em mim e nas minhas capacidades do que eu própria.

À Professora Ana Paula e ao Francisco pela dedicação e disponibilidade, por me terem acompanhado e guiado desde o primeiro dia deste projeto.

À Helena e a todos os membros do Grupo de Investigação em Psicolinguística pelas sugestões e partilhas de ideias e conhecimento durante a realização desta dissertação.

Aos que fizeram esta caminhada ao meu lado por tornarem estes cinco anos nos melhores que já vivi e por me terem dado as memórias que guardo no meu coração.

À Laura pelos pequenos-almoços às 23h00, pelos puxões de orelhas, pela paciência e por me fazer acreditar que sou capaz.

À Catarina, à Kika e à Diana, que mesmo estando longe, se fizeram sentir perto.

À Bruna por ser a amiga de todas as horas e por estar cá há tanto tempo.

À Dra. Cátia, que mesmo sem saber, me deu força para chegar ao fim.

À minha família pelo amor incondicional, pelo apoio e por estarem presentes em todos os momentos.

Ao meu avô, com a esperança de que esteja orgulhoso de mim.

Aos meus pais por me terem proporcionado esta oportunidade.

À minha mãe por ter lutado pelos meus sonhos como se fossem os seus, por me mostrar que nunca desistimos, pelos anos de sacrifício e por ser o meu maior exemplo.

Este estudo integra-se no projeto “Correlatos neurodesenvolvimentais dos mecanismos implícitos-explicitos de aprendizagem em crianças com Perturbação Específica de Linguagem: Evidência com potenciais evocados cerebrais” (POCI-01-0145-FEDER-028212) financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, através de fundos nacionais, e co-financiado pelo FEDER, através do COMPETE2020, no âmbito do acordo Portugal 2020.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Mauz de silve sentos

Mecanismos de Aprendizagem Estatística de “Palavras” com Probabilidade Transacional Alta e Baixa em Condições Implícitas e Explícitas: Evidência Comportamental e Eletrofisiológica

Resumo

A capacidade para identificarmos palavras na cadeia acústica contínua da fala é uma das tarefas iniciais com que nos deparamos quando aprendemos uma língua. Acredita-se que processos associados à extração das regularidades estatísticas presentes nesse *input*, em particular a probabilidade de um segmento se seguir a outro, são fundamentais à identificação de palavras. Contudo, evidência acerca de como essa identificação é afetada pelas probabilidades transacionais (PT) dos estímulos do *input* e pelas condições em que estes são apresentados é escassa. Neste trabalho, recorreremos ao paradigma de aprendizagem estatística (AE) apresentado sob condições implícitas e explícitas de aprendizagem para testarmos diferenças comportamentais e neurais na discriminação de “palavras” vs. distratores numa tarefa de escolha forçada entre duas alternativas (2-AFC). Nesta tarefa, oito “palavras”, quatro com PT alta (1.0) e as restantes com PT baixa (.50), foram apresentadas na fase de familiarização de cada tarefa e emparelhadas exaustivamente com oito distratores (PT = 0). Os resultados comportamentais e eletrofisiológicos obtidos mostraram que, embora houvesse evidência comportamental de aprendizagem estatística para os dois tipos de “palavras” nas duas condições de aprendizagem, efeitos do tipo de “palavras” e das condições em que estas foram apresentadas verificaram-se apenas nos dados eletrofisiológicos.

Palavras-chave: 2-AFC, aprendizagem estatística; aprendizagem explícita, aprendizagem implícita, probabilidade transacional

Statistical Learning Mechanisms for “Words” with High and Low Transactional Probability in Implicit and Explicit Conditions: Behavioral and Electrophysiological Evidence

Abstract

The ability to identify words in the continuous chain of speech is one of the first tasks we face when learning a language. It is believed that processes associated with the extraction of statistical regularities present in this input, in particular the probability of one segment following another, are fundamental to word identification. However, evidence on how this identification is affected by the transactional probabilities (TP) of the input’s stimuli and the conditions under which these are presented is scarce. In this study, we used the statistical learning (SL) paradigm presented under implicit and explicit learning conditions to test behavioral and neural differences in the discrimination of “words” vs. distractors in a two alternative forced choice task (2-AFC). In this task, eight “words”, four with high TP (1.0) and the remainder with low TP (.50), were presented in the familiarization phase of each task and exhaustively paired with eight distractors (PT = 0). The behavioral and electrophysiological data showed that, although there was behavioral evidence of statistical learning for the two types of "words" in the two learning conditions, effects of the type of “words” and the conditions in which they were presented were only shown in the electrophysiological data.

Keywords: 2-AFC, explicit learning, implicit learning, statistical learning, transitional probability

Índice

Introdução.....	8
Metodologia.....	14
Participantes	14
Estímulos	14
Procedimento	16
Recolha de Dados Eletrofisiológicos e seu Processamento.....	18
Análise Estatística dos Dados.....	18
Resultados	19
Resultados Comportamentais	19
Resultados Eletrofisiológicos	21
Discussão.....	23
Referências	28
Anexos	32
Anexo A – Parecer da Subcomissão de Ética para as Ciências Sociais e Humanas.....	32

Lista de Tabelas

Tabela 1. “Palavras” e distratores dos silabários A e B.....	15
--	----

Lista de Figuras

Figura 1. Procedimento experimental.....	17
Figura 2. Percentagem de escolhas corretas (% acerto) para as “palavras” de PT alta e baixa nas tarefas 2-AFC realizadas em condições implícitas e explícitas de aprendizagem	20
Figura 3. Tempos médios (ms) das respostas corretas para as “palavras” de PT alta e PT baixa nas tarefas 2-AFC realizadas em condições implícita e explícita de aprendizagem	20
Figura 4. Efeitos da PT em P2 (170 - 210 ms)	21
Figura 5. Efeito de interação tripla tarefa x tipo de estímulo x correção de resposta na janela temporal 350 - 450 ms.....	22
Figura 6. Efeito da tarefa e interação tarefa x tipo de estímulo na janela temporal de 650 - 850 ms...	23

Introdução

A adaptação do ser humano ao ambiente em que se insere pressupõe uma resposta adequada aos acontecimentos que nele ocorrem, tendendo estes acontecimentos a sucederem-se de acordo com determinadas regularidades. A capacidade de extrair essas regularidades, mesmo que de forma inconsciente, é essencial para que o ser humano funcione de forma eficiente numa grande diversidade de áreas, como por exemplo, na aquisição e uso da linguagem (e.g., Romberg & Saffran, 2010; Saffran, Aslin, & Newport, 1996; Saffran, Newport, & Aslin, 1996). Esta capacidade tem-se designado de diferentes formas, em função do quadro conceptual em que nos situamos, incluindo termos como aprendizagem implícita (e.g., Frensch & Rüniger, 2003; Reber, 1967, 1976, 1989), aprendizagem estatística (AE; e.g., Safran, Aslin, & Newport, 1996; Saffran, Newport, & Aslin, 1996; Saffran et al. 1999) ou, mais recentemente, aprendizagem implícita estatística para marcar as comunalidades de duas áreas de estudo que, embora usando terminologia e metodologias distintas, estudam essencialmente o mesmo fenómeno (ver Christiansen, 2019; Perruchet & Pacton, 2006, para uma discussão mais detalhada).

O termo AE foi introduzido por Saffran, Aslin, e Newport (1996), num paradigma que se tornou *standard* no estudo dos mecanismos a partir dos quais somos capazes de extrair as regularidades estatísticas inseridas num dado *input* sensorial. Especificamente, nesse paradigma, os participantes são tipicamente expostos, numa primeira fase, dita de familiarização, a sequências de estímulos (e.g., sílabas), que obedecem a um determinado padrão. Esse padrão é definido pela probabilidade de um determinado estímulo ocorrer, dada a ocorrência de um outro estímulo no *input*, numa estatística condicional designada de probabilidade transacional (PT). Assim, no estudo seminal de Saffran, Aslin, e Newport (1996), os autores apresentaram quatro sequências de três sílabas sem significado, a bebés de 8 meses, que se caracterizavam por apresentar $PTs = 1.0$. Ou seja, dentro de cada “palavra”, cada sílaba só se poderia suceder a uma outra sílaba, enquanto que as PTs na transição entre “palavras” caíam para .33, dado que a uma “palavra” se poderia seguir qualquer uma das restantes, o que funcionaria como uma pista para determinar onde uma nova palavra se iniciava.

Após a fase de familiarização, segue-se a fase de teste, onde os participantes são tipicamente confrontados com pares de estímulos (i.e., uma “palavra” apresentada na fase de familiarização e uma nova sequência constituída por sílabas apresentadas na fase de familiarização, mas que nunca foram apresentadas de forma imediata no contínuo acústico, apresentando por isso $PT = 0$) e forçados a decidir qual dos estímulos apresentados se assemelha mais aos estímulos apresentados durante a fase de familiarização, ou seja, que realizem uma tarefa de escolha forçada entre duas alternativas (2-AFC). Se

a discriminação for acima do nível do acaso (50%), assume-se que a AE ocorreu, dado não existir nenhuma outra pista no *input* que permita uma discriminação correta.

A AE têm-se revelado um mecanismo importante na extração de regularidades do meio que nos circunda, desde idades muito precoces. Tal tem vindo a ser demonstrado em diversos estudos, recorrendo ao uso da tarefa de 2-AFC, com diferentes tipos de estímulos (e.g., sílabas, tons musicais, figuras geométricas) e grupos de participantes (e.g., Arciuli & Simpson, 2012b; Aslin et al., 1998; Bulf et al., 2011; Kirkham et al., 2002; Raviv & Arnon, 2018; Saffran, Newport, & Aslin, 1996; Saffran et al., 1997, 1999; Tillmann & McAdams, 2004; Turk-Browne et al., 2005). Ainda assim, parecem existir especificidades associadas à modalidade de processamento e às características dos estímulos apresentados (ver Frost et al., 2015 para uma discussão mais detalhada).

Embora inúmeros estudos mostrem que a extração de regularidades do meio ocorre sem que os participantes tenham de receber qualquer instrução para o fazer (e.g., Kim et al., 2009; Saffran et al., 1999; Toro et al., 2005) e até mesmo quando estes se encontram envolvidos numa outra tarefa (e.g., Saffran et al., 1997; Turk-Browne et al., 2005), estudos recentes têm explorado o papel que o conhecimento prévio dessas regularidades poder ter na AE. Por exemplo, Arciuli e colaboradores (2014) compararam dois grupos de participantes, um dos quais recebeu informações prévias acerca das probabilidades estatísticas inseridas nos estímulos do *input* ao qual foram expostos (i.e., grupo explícito), enquanto o outro grupo realizou a tarefa de AE sem ter acesso a essas informações (i.e., grupo implícito). Os participantes foram expostos a um fluxo de figuras que podiam ser descritas como alienígenas, as quais foram organizadas em tripletos. Na fase de familiarização, os participantes observaram o fluxo contínuo de estímulos que consistia na apresentação isolada de cada alienígena no centro de um ecrã de computador de fundo branco. Algumas figuras alienígenas foram apresentadas num fundo amarelo e os participantes foram instruídos a identificá-los o mais rapidamente possível, o que funcionou como uma tarefa para manter a atenção dos participantes nos estímulos apresentados. Depois da fase de treino, onde a identificação destes alienígenas foi praticada, os participantes do grupo explícito receberam a informação de que os alienígenas apareceriam em grupos de três e que, numa fase posterior, seriam questionados sobre esses mesmos tripletos. Por oposição, os participantes do grupo implícito não receberam qualquer informação. Para a fase de teste, foram criados quatro distratores, que consistiram na apresentação conjunta de um alienígena de cada um dos tripletos apresentado na fase de familiarização. Aqui, foi solicitado aos participantes que realizassem uma tarefa de 2-AFC entre um distrator e um dos tripletos apresentados durante a fase de familiarização. Os resultados mostraram não

haver diferenças significativas na AE entre os grupos implícito e explícito, o que foi interpretado como podendo decorrer do tempo reduzido (200ms) de apresentação dos estímulos durante a fase de familiarização. Limitações associadas à tarefa de 2-AFC poderão estar também na base de tais resultados (e.g., Arnon, 2020; Bertels et al., 2012; Erickson et al., 2016; Franco et al., 2015; Siegelman, Bogaerts, & Frost, 2017; Siegelman, Bogaerts, Christiansen, & Frost, 2017; Siegelman, Bogaerts, Kronenfeld, & Frost, 2017; Soares et al., 2020). Em particular, Siegelman, Bogaerts, e Frost (2017) apontaram três principais limitações: (i) número limitado de ensaios; (ii) grande variabilidade de resultados, com um número considerável de participantes a apresentarem um desempenho ao nível do acaso; (iii) o mesmo nível de dificuldade dos itens utilizados, que confrontam tipicamente tripletos com $PT = 1.0$ vs. distratores com $PT = 0$. Além disso, Siegelman, Bogaerts, Christiansen, e Frost (2017) assinalaram ainda a contribuição de fatores individuais relacionados com a memória, a codificação e os processos de tomada de decisão nos resultados obtidos nesta tarefa que permitem apenas saber se a AE ocorreu ou não (e, se ocorreu, com que magnitude). O uso de medidas *online*, nomeadamente de potenciais evocados cerebrais (ERPs), podem constituir uma mais-valia para informar acerca dos processos que subjazem às respostas emitidas na tarefa de 2-AFC.

De uma forma geral, esta técnica permite aceder a uma medida contínua do processamento que ocorre entre a exposição a um estímulo e a emissão de uma resposta, tornando, assim, possível determinar os processos neurocognitivos que se veem afetados pela manipulação experimental. São vários os estudos que, até ao momento, usaram esta técnica para complementar as medidas comportamentais de AE (e.g., Abla et al., 2008; Batterink, Reber, & Paller, 2015; Batterink, Reber, Neville, & Paller, 2015; Cunillera et al., 2006; Sanders et al., 2002; Sanders & Neville, 2003b, 2003a; Soares et al., 2020). Contudo, a grande maioria desses estudos observam os correlatos eletrofisiológicos da tarefa de AE na fase de familiarização apresentada de forma implícita aos participantes (ver Batterink, Reber, & Paller, 2015; Batterink, Reber, Neville, et al., 2015; Soares et al., 2020 para exceções) e usam tripletos com o mesmos nível de previsibilidade (i.e., $TP = 1.0$) contrastados com distratores com $PT = 0$ (ver Siegelman, Bogaerts, & Frost, 2017; Soares et al., 2020 para exceções), deixando assim por esclarecer os correlatos eletrofisiológicos associados às respostas emitidas durante a fase de teste (i.e., tarefa de 2-AFC) e como as instruções fornecidas (implícitas vs. explícitas) aos participantes e o uso de tripletos com diferentes níveis de previsibilidade podem afetar esses correlatos. Por exemplo, Soares e colaboradores (2020) analisaram os ERPs relativos à fase de familiarização de uma tarefa de AE, onde foram manipuladas as condições de aprendizagem e o grau de dificuldade dos estímulos apresentados. Para tal, os autores criaram dois silabários com 16 sílabas com estrutura consoante-vogal (CV) cada um,

cujas sílabas foram organizadas em oito tripletos: quatro “palavras” com PTs altas (i.e., $PT = 1.0$), e quatro “palavras” com PTs baixas (i.e., $PT = .50$). Adicionalmente, foram também criados oito distratores para cada silabário constituídos pelas mesmas sílabas usadas nas “palavras” com PTs altas e baixas de cada silabário, mas que nunca foram apresentadas juntas durante a fase de familiarização (i.e., $PT = 0$). Para manipular a condição de aprendizagem, os autores expuseram os participantes a duas versões da mesma tarefa auditiva de AE apresentada primeiramente de forma implícita e, posteriormente, de forma explícita. Na versão implícita, os participantes foram instruídos a prestar atenção aos sons que iriam ouvir, pois teriam de identificar um som (*click*), com a maior precisão e rapidez que conseguissem. Terminada a fase de familiarização, os participantes realizaram a tarefa de 2-AFC. Após um curto intervalo, os participantes realizaram a versão explícita da tarefa em tudo igual à versão explícita, exceto que, anteriormente à fase de familiarização, os participantes aprenderam cada uma das “palavras” do novo silabário. Os resultados da tarefa de 2-AFC revelaram um nível moderado de AE, mas sem diferenças entre condições experimentais. Contudo os dados de EEG foram sensíveis tanto aos efeitos das PTs como aos das instruções modelados por dois componentes (N100 e N400), entendidos como as assinaturas neurais da segmentação e da emergência de palavras no cérebro.

Nesta dissertação analisamos os correlatos eletrofisiológicos recolhidos no âmbito desse estudo da fase de teste, ou seja, durante a resposta dos participantes à tarefa de 2-AFC realizada primeiramente sob condições implícitas e, de seguida, sob condições explícitas de aprendizagem para informar os processos que suportam a discriminação entre tripletos de diferentes níveis de dificuldade e distratores. De notar que, tanto quanto sabemos, este é o primeiro trabalho que procura examinar os correlatos eletrofisiológicos da fase de teste manipulando estes dois fatores de forma intra-sujeito. Estudos prévios, recorrendo a ERPs, analisaram os correlatos neurais da AE em condições de aprendizagem implícitas e explícitas em diferentes grupos de participantes. Por exemplo, Batterink, Reber, Neville, e Paller (2015) recolheram medidas comportamentais e de EEG em adultos que aprenderam seis “palavras” de uma gramática artificial, similar à usada por Saffran, Aslin, e Newport (1996) e Saffran, Newport e Aslin (1996), durante a realização de uma tarefa de 2-AFC. Os participantes foram distribuídos por duas condições de aprendizagem: implícita e explícita. Na condição implícita, os sujeitos foram expostos passivamente aos estímulos (i.e., sem qualquer tipo de instrução sobre o que iriam ouvir), porém, na condição explícita, os participantes foram informados que iriam ouvir uma língua que continha “palavras”, mas que estas não tinham significado. Todavia, os participantes não foram informados acerca do seu comprimento ou sobre quantas “palavras” estavam contidas nesta língua. Adicionalmente, os participantes da condição explícita foram informados de que, no final da exposição, o seu conhecimento

sobre estas “palavras” seria testado. Os resultados da tarefa de 2-AFC mostraram não haver diferenças significativas entre o desempenho dos participantes na tarefa de 2-AFC realizada sob condições implícita e explícita. Todavia, os resultados eletrofisiológicos obtidos durante a realização dessas tarefas para as respostas corretas revelaram que as “palavras” elicitaram maiores amplitudes no componente *Late Positive Component* (LPC) do que os distratores. No entanto, a condição de aprendizagem não modulou os resultados obtidos, o que foi interpretado pelos autores como podendo ter decorrido do facto de o tempo de exposição aos estímulos ter sido demasiado reduzido (aproximadamente 21 minutos) e, desta forma, os participantes não terem sido capazes de explorar as estratégias de aprendizagem explícitas de forma eficaz.

Num trabalho subsequente, Batterink, Reber, e Paller (2015) implementaram o mesmo procedimento do trabalho de Batterink, Reber, Neville, e Paller (2015) e voltaram a recolher medidas comportamentais e eletrofisiológicas da fase de teste. Neste estudo, os participantes foram novamente divididos por duas condições. Na condição explícita, os participantes receberam um treino suplementar, no qual foram expostos às seis “palavras” previamente à fase de familiarização. Durante esta fase de treino, os participantes ouviram as seis “palavras” e foi-lhes solicitado que identificassem cada uma delas. Adicionalmente, foi-lhes pedido que as tentassem memorizar, pois mais tarde a sua memória sobre elas seria testada. Terminada a fase de treino, foi solicitado aos participantes que recordassem as seis “palavras” que aprenderam. Em oposição, na condição implícita, os sujeitos não receberam qualquer informação sobre as “palavras” a que iriam ser expostos. Imediatamente antes do início da fase de familiarização, os participantes da condição explícita foram informados que a língua que iriam ouvir era composta pelas seis “palavras” que tinham aprendido. Os resultados mostraram diferenças significativas entre as condições de aprendizagem. Os participantes do grupo explícito responderam de forma mais precisa do que os indivíduos do grupo implícito e revelaram maiores amplitudes para “palavras”, quando comparadas com distratores, na janela temporal entre os 500 e os 1,000ms após o *onset* do estímulo (correspondendo ao componente LPC), quando as respostas corretas foram analisadas. Todavia, quando apenas as respostas incorretas foram analisadas, não se verificaram diferenças significativas entre “palavras” e distratores.

Contudo, outros estudos revelaram modulações distintas na discriminação entre “palavras” e distratores noutras janelas temporais. Por exemplo, Francois e Schön (2010), num estudo que procurou comparar os correlatos eletrofisiológicos de estímulos linguísticos vs. musicais numa tarefa de AE, reportaram uma negatividade na janela temporal 450-800ms, com os distratores a elicitarem amplitudes

menores do que as “palavras”. É importante também assinalar que embora sejam escassos os estudos de AE que reportem dados de EEG para a fase de reconhecimento, são vários os trabalhos que, na área da memória, exploraram os correlatos eletrofisiológicos dos estímulos apresentados numa tarefa de reconhecimento que se sucede a uma fase de codificação (e.g., Curran, 1999; Curran & Cleary, 2003; Duarte et al., 2004; Finnigan et al., 2002). Por exemplo, Finnigan e colaboradores (2002) analisaram respostas neurais enquanto os participantes faziam julgamentos *old/new* de palavras apresentadas uma (palavras fracas), três (palavras fortes) ou nenhuma (palavras novas) vez durante a fase de codificação em duas experiências, cuja diferença residiu no tamanho da lista de palavras apresentadas no teste de reconhecimento (90 vs. 60 palavras, respetivamente). Os dados comportamentais revelaram que, em ambas as experiências, a taxa de acerto das palavras fortes foi significativamente mais elevada do que a das palavras fracas. Relativamente aos dados eletrofisiológicos, observou-se que palavras novas elicitaram maior amplitude no componente N400 do que palavras fortes, interpretando-se, assim, este componente como indexando familiaridade para com os estímulos. No que concerne ao componente LPC, este foi sensível à precisão da resposta, na medida em que a sua amplitude foi maior para respostas que corresponderam a reconhecimentos corretos, quando comparadas com reconhecimentos incorretos.

Contudo, é de salientar que nos poucos trabalhos de AE que reportam dados de EEG para a fase de reconhecimento, nenhum explorou, até ao momento, como as respostas neurais podem ser moduladas pelo tipo de “palavras” (PTs altas vs. PTs baixas) usadas na fase de familiarização, pelo que outros componentes de onda podem ser também relevantes. Esta dissertação pretende contribuir para colmatar essa lacuna, ao analisar, pela primeira vez, tanto quanto sabemos, como os resultados da AE tal como obtidos na tarefa clássica de 2-AFC podem ser modelados, não só pelas condições de aprendizagem às quais os participantes são expostos (implícita vs. explícita), mas também pelo tipo de “palavras” a aprender (“palavras” de alta vs. baixa PTs), recorrendo para isso a uma técnica altamente sensível ao curso temporal de processamento como são os ERPs.

Tendo por base a literatura revista, esperamos que os resultados comportamentais obtidos na tarefa de 2-AFC realizada sob condições explícitas de aprendizagem revelem maiores níveis de precisão e menores tempos de reação do que na tarefa de 2-AFC realizada sob condições implícitas de aprendizagem. Diferenças de desempenho entre “palavras” são esperadas na tarefa de 2-AFC realizada sob condições implícitas, mas não na realizada sob condições explícitas. Tendo por base que, na condição explícita, os participantes aprenderão as “palavras” previamente à fase de familiarização, é esperado que as diferenças no seu processamento se esbatam, uma vez que não terão de recorrer

unicamente às regularidades estatísticas no processo de segmentação do contínuo acústico. Adicionalmente, é expectável que “palavras” com PTs altas vs. PTs baixas deverão elicitar maiores amplitudes no componente N400, bem como em janelas temporais mais tardias, especialmente na tarefa de 2-AFC realizada sob condições explícitas. Por fim, dado que, tanto quanto sabemos, este é um estudo pioneiro no que remete para a manipulação destes fatores, deixamos a possibilidade de outras janelas temporais se mostrarem afetadas.

Metodologia

Participantes

O presente estudo integrou uma amostra composta por 32 estudantes (25 mulheres, $M = 23.4$, $DP = 5.66$) da Universidade do Minho. Os participantes foram recrutados através da plataforma de creditação de experiências da Escola de Psicologia da Universidade do Minho e receberam créditos pela sua colaboração neste estudo. Todos os participantes apresentavam o português europeu (PE) como língua materna, audição normal, visão normal ou corrigida e não tinham qualquer historial de problemas neurológicos ou de linguagem. Vinte e nove participantes eram destros e três canhotos, tal como avaliado pelo Inventário de Lateralidade de Edimburgo (Oldfield, 1971). Foram obtidos consentimentos informados por parte de todos os participantes. Este procedimento experimental foi aprovado pela Comissão de Ética da Universidade do Minho (SECSH 028/2018).

Estímulos

Para a criação das “palavras” usadas nas tarefas implícita e explícita deste estudo, foram criados dois silabários (A e B), cada um constituído por 16 sílabas distintas com estrutura CV (e.g., “tu”, “ci”, “da”, “mi”, “ge”, “do” do silabário A; “ga”, “pa”, “be”, “me”, “gu”, “pi” do silabário B). Estas sílabas foram gravadas por um falante nativo do PE, apresentando uma duração de 300ms cada. A partir de cada silabário, foram concatenadas oito “palavras” trissilábicas com uma duração de 900ms cada: quatro com PT alta ($PT = 1.0$) e quatro com PT baixa ($PT = .50$), através da versão 2.3.3 do software Audacity®¹, tal como apresentado na Tabela 1. As oito “palavras” foram apresentadas durante a fase de familiarização num contínuo acústico com duração de, aproximadamente, sete minutos sem qualquer pausa entre “palavras”. As “palavras” foram apresentadas de forma aleatória com a restrição de a mesma “palavra” ou a mesma sílaba não poderem ocorrer de forma consecutiva no contínuo acústico.

¹ Audacity® software is copyright © 1999-2019 Audacity Team.

Web site: <https://audacityteam.org/>. It is free software distributed under the terms of the GNU General Public License.

The name Audacity® is a registered trademark of Dominic Mazzoni.

Cada “palavra” foi apresentada 60 vezes, em dois blocos (1 e 2) de 30 repetições cada. A experiência foi programada com recurso ao *software Psychopy* (Peirce, 2007). Sobre o contínuo acústico foi apresentado um som artificial (i.e., um *click* com duração de 0.1s). A inclusão deste som teve o propósito de assegurar que os participantes mantivessem a sua atenção no *input* apresentado durante a fase de familiarização, uma vez que lhes foi pedido para clicarem numa tecla (barra de espaços) do teclado do computador assim que o detetassem. Este som ocorreu em “palavras” e sílabas diferentes (em intervalos entre 2 e 10s) de forma a evitar que pudesse ser usado como pista adicional para a segmentação das “palavras”.

Para a fase de teste, foram criados oito distratores para cada silabário. Estes distratores foram construídos a partir das sílabas usadas para a formação das “palavras” de alta e baixa PT em cada silabário (ver Tabela 1). Contudo, as sílabas usadas para a criação destes distratores nunca foram apresentadas em conjunto durante a fase de familiarização (PT = 0), controlando-se, em todo o caso, a frequência de ocorrência das sílabas e a sua posição no seio das “palavras” (i.e., inicial, média e final).

Tabela 1

“Palavras” e distratores dos silabários A e B

Tipo de estímulo	Silabário		
	A	B	
“Palavras”	PT alta	tucida	todidu
		bupepo	cegita
		modego	gapabe
		bibaca	bomaco
	PT baixa	dotige	pitegu
		tidomi	tepime
		migedo	megupi
		gemitu	gumete
Distratores	PT alta	tumica	tomeco
		bugego	cegube
		modopo	gapita
		bitida	botedu
	PT baixa	dobage	pimagu
		tidemi	tepame
		mipedo	megipi
		geciti	gudite

Nota. Adaptado de Soares et al. (2020).

Para cada silabário foram criadas quatro listas de estímulos de modo a contrabalancear as sílabas entre tipos de “palavra” (PT alta e PT baixa) e posição silábica (inicial, média e final). Os participantes foram distribuídos de forma aleatória por cada uma dessas listas.

Procedimento

A sessão de recolha de dados iniciou-se após o preenchimento do consentimento informado por parte dos participantes. Foi-lhes, então, solicitado que realizassem duas tarefas de AE: primeiramente, uma de natureza implícita e, posteriormente, uma de natureza explícita. As tarefas implícita e explícita foram em tudo iguais, exceto no tipo de instruções fornecidas aos participantes antes da fase de familiarização e no silabário usado. Cada uma das tarefas compreendeu, como é *standard* no paradigma de AE, uma fase de familiarização, onde foi solicitado aos participantes que prestassem atenção aos estímulos auditivos apresentados através de auscultadores, dado que, ocasionalmente, apareceria um som, que deveriam detetar do modo mais rápido e preciso que conseguissem. Para tal, os participantes foram instruídos a pressionar a barra de espaços do teclado do computador.

Na tarefa implícita, os participantes foram expostos aos estímulos sem receber qualquer tipo de informação acerca dos mesmos, a não ser que iriam ouvir sequências de sílabas e que deveriam prestar muita atenção às mesmas. Na tarefa explícita, os participantes receberam informações acerca dos estímulos antes da apresentação dos mesmos. Especificamente, nesta versão da tarefa, os participantes foram informados de que iriam ouvir sequências de sílabas de uma outra língua desconhecida e que, nessa língua, tal como na anterior, as “palavras” eram trissílabos. De seguida, cada uma das oito novas “palavras” foi apresentada de forma individual e pediu-se aos participantes para repetirem cada uma delas corretamente antes de avançarem para a “palavra” seguinte. Terminado este processo, os participantes foram expostos ao contínuo acústico formado por essas mesmas “palavras” e foi-lhes solicitado que detetassem um som (*click*) que ocorreria ocasionalmente, tal como na versão implícita da tarefa.

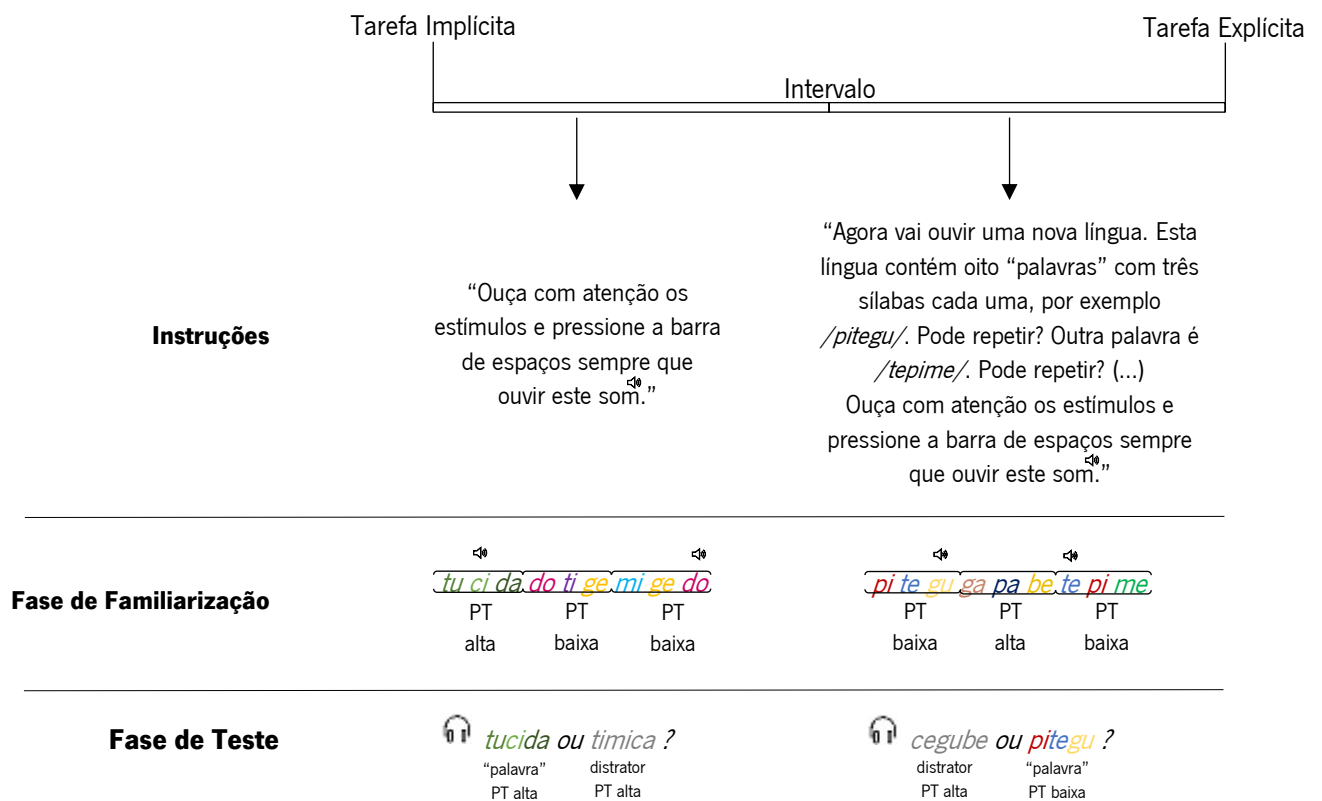
A fase de teste foi igual nas versões implícita e explícita, exceto no que concerne aos estímulos usados. Nesta fase, os participantes foram informados que as sequências de sílabas que tinham ouvido anteriormente correspondiam a “palavras” numa língua estrangeira e que deveriam decidir qual dos elementos apresentados em cada um dos pares de estímulos correspondia a uma “palavra” ouvida durante a fase de familiarização. Para realizarem esta escolha, os participantes foram instruídos a clicar nas teclas ‘z’ e ‘m’ do teclado do computador de acordo com o facto de considerarem que a resposta

correta foi o primeiro ou o segundo som ouvido, respetivamente. Esta fase incluiu para cada uma das tarefas (implícita e explícita) 64 ensaios, nos quais as oito “palavras” (quatro de PT alta e quatro de PT baixa), foram emparelhadas, de forma exaustiva, com os oito distratores. Os 64 ensaios foram apresentados de forma aleatória a cada um dos participantes, de modo a controlar possíveis efeitos de ordem. Em metade dos ensaios, a resposta correta correspondia ao primeiro som ouvido, enquanto que nos restantes, correspondia ao segundo som. Cada ensaio começou com a apresentação de um ponto de fixação que teve uma duração de 1,000ms, ao qual se sucedeu a apresentação do primeiro estímulo (i.e., “palavra” ou distrator). Decorridos 500ms após a apresentação do primeiro estímulo, foi apresentado o segundo (i.e., “palavra” ou distrator). Após a emissão de uma resposta (ou decorridos 10s), iniciava-se o ensaio seguinte. A Figura 1 integra uma representação esquemática do procedimento adotado.

A recolha de dados teve uma duração aproximada de 90 minutos por participante e ocorreu numa cabine insonorizada no Laboratório de Neurociência Psicológica da Escola de Psicologia da Universidade do Minho.

Figura 1

Procedimento experimental



Nota. Adaptado de Soares et al. (2020).

Recolha de Dados Eletrofisiológicos e seu Processamento

Os dados do eletroencefalograma (EEG) foram recolhidos de forma contínua. Para tal foi usado um conjunto de 64 elétrodos dispostos de acordo com o sistema internacional 10-20 (BioSemi Active-Two system; BioSemi, Amsterdam, The Netherlands). Os dados foram digitalizados a uma taxa de amostragem de 512 Hz e a impedância dos elétrodos foi mantida abaixo de 20 k Ω . O EEG foi re-referenciado *off-line* para a média algébrica das mastoides. Os dados foram filtrados na banda de 0.1 a 30 Hz (*zero phase shift Butterworth*) e com um filtro notch de 50 Hz. Posteriormente, os dados foram submetidos a análises de componentes independentes (ICA), de forma a remover o ruído estereotipado (oriundo principalmente de movimentos oculares e pestanejares), através da subtração dos componentes correspondentes. O EEG contínuo foi segmentado em segmentos de 1200ms, tomando 0 como o início da apresentação dos estímulos (correção de linha de base de -200 a 0ms). Os segmentos com artefactos (i.e., com amplitudes superiores a $\pm 100 \mu\text{V}$) foram excluídos das análises. As médias dos ERPs foram calculadas com base na média de cada participante. O processamento dos dados de EEG foi realizado com recurso ao *software* Brain Vision Analyzer, versão 2.1.1. (*BrainVision Analyzer, Brain Products GmbH, Gilching, Alemanha*).

Análise Estatística dos Dados

A análise dos dados comportamentais e eletrofisiológicos obtidas das tarefas de 2-AFC foi realizada no *software* estatístico IBM-SPSS® (*Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corporation*). Para cada uma das tarefas, calculou-se a percentagem (%) média de respostas corretas por condição experimental. De seguida, realizaram-se testes-*t* de uma amostra contra o nível do acaso para determinar se houve aprendizagem em cada uma das tarefas para cada tipo de “palavra” (de notar que um desempenho de 100% para cada tipo de palavra em cada uma das tarefas corresponde a 16 respostas corretas e que um desempenho ao nível do acaso corresponde a 8 respostas corretas). Calcularam-se também os tempos de reação (TR) médios de cada participante por condição experimental para as respostas corretas. Por fim, realizou-se uma análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas aos dados comportamentais (i.e., % respostas corretas e TR), considerando como fatores intra-sujeito a versão da tarefa de AE (2: implícita vs. explícita) e o tipo de “palavra” (2: PT alta vs. PT baixa).

Conduziu-se também uma análise ANOVA de medidas repetidas aos dados eletrofisiológicos obtidos em cada uma das tarefas 2-AFC. Consideraram-se como fatores intra-sujeito a versão da tarefa de AE (2: implícita vs. explícita), o tipo de estímulo (2: “palavra” vs. distrator), a PT do estímulo (2: PT alta vs. PT baixa) e, ainda, a correção da resposta dada pelos participantes (2: acerto vs. erro). De notar

que nesta análise optámos por incluir a correção da resposta dada pelos participantes como um fator, para permitir uma comparação direta das respostas neurais elicitadas perante a apresentação de “palavras” e distratores quando estas corresponderam a acertos e a erros. Com base na literatura anterior e na inspeção visual dos dados, foram calculadas as amplitudes médias para as janelas temporais 170-210ms (P200), 350-450ms (N400) e 650-850ms (*Late Negative Component*, LNC). A distribuição topográfica dos componentes de interesse foi analisada desde regiões frontais a centrais, em torno da linha média. Em cada uma das janelas temporais foram analisadas três regiões (*Regions of Interest*, ROIs), cada uma com nove elétrodos: região frontal (AF3, AFz, AF4, F1, Fz, F2, FC1, FCz, FC2), região fronto-central (F1, Fz, F2, FC1, FCz, FC2, C1, Cz, C2) e região central (FC1, FCz, FC2, C1, Cz, C2, CP1, CPz, CP2). Em cada janela foi selecionada a ROI que melhor se ajustava ao componente analisado. Tanto para os dados comportamentais como para os eletrofisiológicos, apenas os efeitos principais ou de interação que atingiram significado estatístico ($\alpha < .05$) foram reportados. Nas comparações múltiplas dos testes *posthoc* foi usada a correção de Bonferroni. Efeitos de tamanho do efeito (Eta ao quadrado parcial, η_p^2) e do poder observado (ρ_w) para um dado efeito foram usados em combinação. A esfericidade dos dados (teste Mauchly) foi cumprida ($\chi^2 < .0001$ em todos os casos) pelo que não foi necessário usar nenhuma correção.

Resultados

Resultados Comportamentais

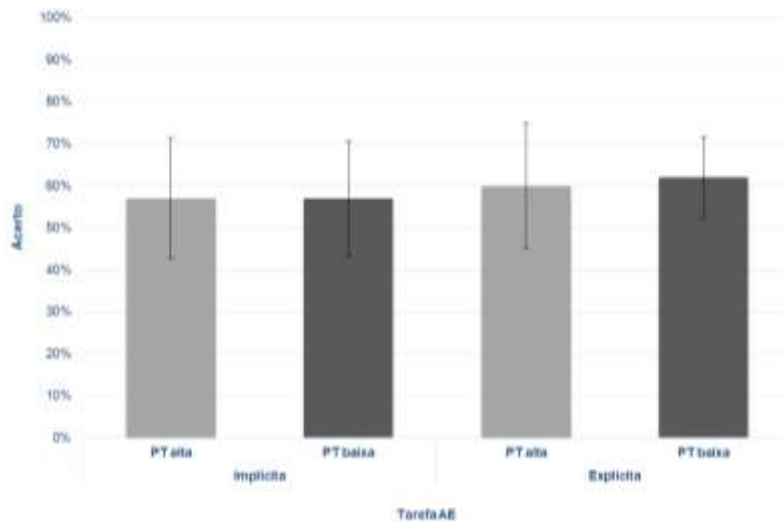
A Figura 2 apresenta a percentagem média de respostas corretas (i.e., precisão da resposta) nas tarefas de 2-AFC realizadas sob condições implícita e explícita e para as “palavras” de PT alta e PT baixa em cada uma delas.

Os resultados dos testes-*t* de uma amostra contra o nível do acaso (50%) mostraram que, na tarefa implícita, o desempenho para as “palavras” de PT alta foi de 57.1% ($DP = 14.66$) e para as “palavras” de PT baixa de 56.8% ($DP = 13.94$), ambas diferindo significativamente do acaso, $t_{PT\ alta}(30) = 2.714$, $p = .011$, $t_{PT\ baixa}(30) = 2.718$, $p = .011$. Na tarefa explícita, o desempenho para as “palavras” de PT alta foi de 60.1% ($DP = 15.15$) e para as “palavras” de PT baixa de 63.0% ($DP = 9.23$), ambas diferindo também do que seria esperado face ao acaso, $t_{PT\ alta}(30) = 3.704$, $p = .001$, $t_{PT\ baixa}(30) = 7.826$, $p < .001$. Contudo, os resultados obtidos com a ANOVA não revelaram quaisquer efeitos estatisticamente significativos. O único efeito que se aproximou da significância foi a versão da tarefa de AE, $F(1, 30) = 3.495$, $p = .071$, $\eta_p^2 = .100$, indicando que os participantes tenderam a mostrar um melhor desempenho

na tarefa de 2-AFC realizada sob condições explícitas ($M = 61.5\%$, $DP = 9.55$) do que na 2-AFC realizada sob condições implícitas ($M = 57.0\%$, $DP = 9.66$).

Figura 2

Percentagem de escolhas corretas (% acerto) para as “palavras” de PT alta e baixa nas tarefas 2-AFC realizadas em condições implícitas e explícitas de aprendizagem

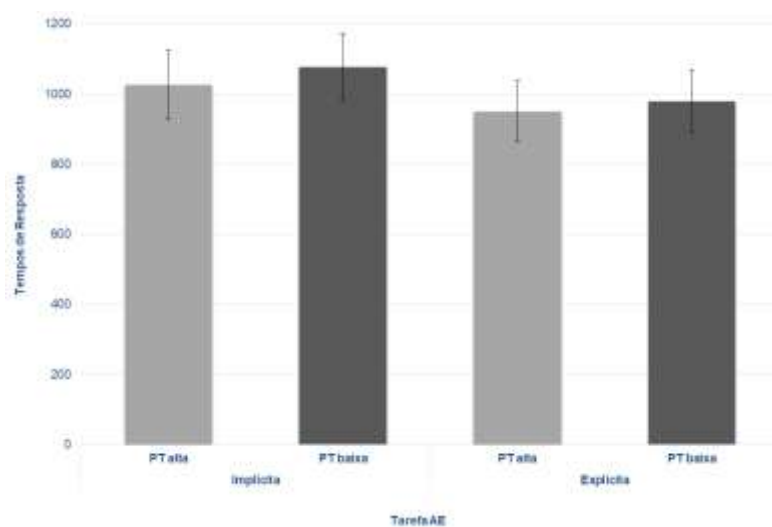


Nota. As barras representam o erro padrão da média (EPM).

A Figura 3 apresenta os tempos médios (ms) para as respostas corretas nas tarefas 2-AFC realizadas sob condições implícita e explícita por tipo de “palavra”.

Figura 3

Tempos médios (ms) das respostas corretas para as “palavras” de PT alta e PT baixa nas tarefas 2-AFC realizadas em condições implícita e explícita de aprendizagem



Nota. As barras representam o erro padrão da média (EPM).

Embora os participantes tenham demorado mais tempo a responder às “palavras” de PT alta ($M = 1,025.9$, $DP = 561.93$) e de PT baixa ($M = 1,076.7$, $DP = 536.74$) na tarefa AE realizada sob condições implícitas do que explícitas ($M_{PT\ alta} = 951.0$, $DP = 488.64$; $M_{PT\ baixa} = 978.6$, $DP = 499.05$), a ANOVA não revelou quaisquer efeitos estatisticamente significativos ($ps > .249$).

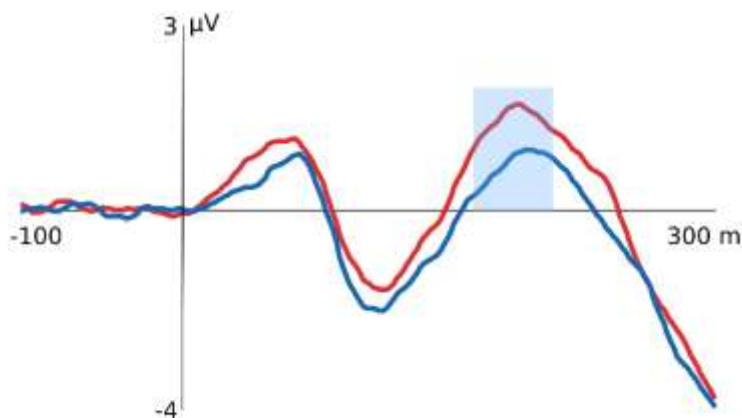
Resultados Eletrofisiológicos

P200 (170-210ms)

Na região frontal, a ANOVA revelou um efeito estatisticamente significativo no fator PT do estímulo, $F(1,27) = 8.081$, $p = .008$, $\eta_p^2 = .230$, mostrando que os estímulos com PT alta ($M = 1.282$ μV) elicitaram uma maior amplitude do que os estímulos com PT baixa ($M = .400$ μV) (ver Figura 4).

Figura 4

Efeitos da PT em P2 (170-210ms)



Nota. ERP da condição de PT alta (vermelho) e da condição de PT baixa (azul).

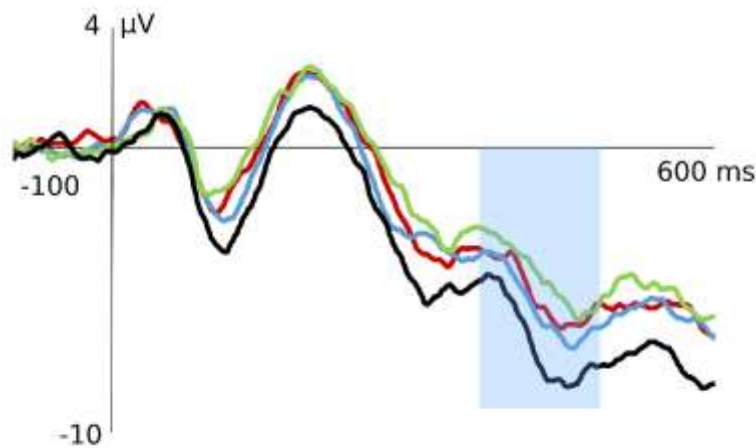
N400 (350-450ms)

Na ROI central, a ANOVA revelou um efeito de interação entre os fatores tarefa de AE x tipo de estímulo x correção da resposta, $F(1,27) = 4.804$, $p = .037$, $\eta_p^2 = .151$. A análise dos contrastes *post-hoc* revelou diferenças significativas em função da tarefa de AE, de forma que, quando o estímulo era um distrator e o participante errou na resposta (i.e., escolheu o distrator como “palavra”), a tarefa implícita elicitou uma maior amplitude do que a tarefa explícita ($p = .034$). Verificaram-se também diferenças significativas em função do tipo de resposta na condição implícita e quando o estímulo era um distrator, observando-se uma maior amplitude para as respostas erradas quando comparadas com as respostas corretas ($p = .004$). No fator tipo de estímulo, os distratores elicitaram uma maior amplitude

do que as “palavras” na condição implícita e quando as respostas correspondiam a erros ($p = .008$) (ver Figura 5).

Figura 5

Efeito de interação tripla tarefa x tipo de estímulo x correção de resposta na janela temporal 350-450ms



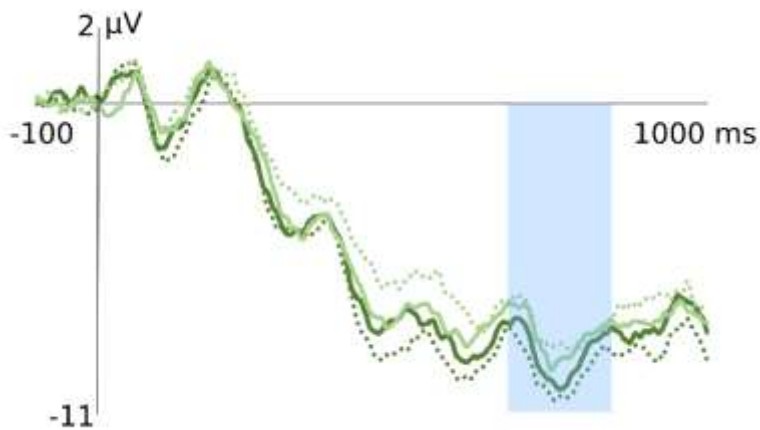
Nota. Linha preta: condição implícita, distrator, erro; Linha azul: implícita, distrator, correto; Linha vermelha: implícita, "palavra", erro; Linha verde: explícita, distrator, erro.

LNC (650-850ms)

Na ROI frontal, a ANOVA revelou um efeito principal do fator tarefa de AE, $F(1,27) = 6.950$, $p = .014$, $\eta_p^2 = .205$, indicando uma maior amplitude na tarefa implícita ($M = 7.646 \mu V$) quando comparada com a tarefa explícita ($M = 6.262 \mu V$). Adicionalmente, a interação entre os fatores tarefa de AE x tipo de estímulo também atingiu o significado estatístico, $F(1,27) = 5.077$, $p = .033$, $\eta_p^2 = .158$. Face ao fator estímulo, obtiveram-se diferenças significativas para os distratores, observando-se uma maior amplitude na tarefa implícita quando comparada com a tarefa explícita ($p = .006$) (ver Figura 6).

Figura 6

Efeito da tarefa e interação tarefa x tipo de estímulo na janela temporal de 650-850ms



Nota. Verde escuro, linha contínua: "palavras" na tarefa implícita; Verde escuro, linha pontilhada: distratores na tarefa implícita; Verde claro, linha contínua: "palavras" na tarefa explícita; Verde claro, linha descontinua: distratores na tarefa explícita.

Discussão

O presente estudo teve como objetivo analisar os correlatos eletrofisiológicos da AE numa tarefa de 2-AFC realizada após a fase de exposição a um contínuo auditivo constituído pela repetição pseudoaleatória de oito "palavras" trissilábicas sem sentido onde as PT das "palavras" a aprender ("palavras" com PT alta vs. baixa) e as condições em que estas foram aprendidas (implícita vs. explícita) foram manipuladas. De forma a reduzir o efeito de possíveis diferenças individuais sobre os resultados, foi utilizado um *design* intra-sujeito. O uso de medidas eletrofisiológicas (ERPs), a par das medidas comportamentais de precisão e de TR, procurou contribuir para compreendermos de forma mais aprofundada os processos e mecanismos que subjazem à emissão de uma resposta na tarefa de 2-AFC. Tarefa esta que é amplamente usada para testar AE, mas também cada vez mais criticada.

Os resultados das análises comportamentais e neurais conduzidas são claros e revelaram que (i) os participantes mostraram um nível moderado de AE tanto na tarefa implícita como na explícita, ainda que o desempenho comportamental não tenha sido modulado nem pelas PTs das "palavras", nem pelas condições em que estas foram aprendidas; (ii) os estímulos (i.e., "palavras" e distratores) de PT alta elicitaram amplitudes maiores no componente P200 do que os estímulos de PT baixa, independentemente do tipo de resposta; (iii) no componente N400, os resultados revelaram uma maior amplitude causada pelos distratores identificados como "palavras" na condição implícita de aprendizagem, em comparação com a condição explícita; (iv) o efeito das condições de aprendizagem

no componente LNC indicaram maiores amplitudes na tarefa de 2-AFC realizada sob condições implícitas do que explícitas no processamento dos distratores.

A ausência de efeitos das PTs das “palavras” e das condições em que estas foram aprendidas nas respostas comportamentais de AE revela que o conhecimento explícito sobre as regularidades a serem aprendidas, embora tenha gerado níveis de aprendizagem mais elevados do que na tarefa realizada sob condições implícitas, não foi suficiente para que essas diferenças tivessem atingido significância estatística, como em estudos prévios (e.g., Batterink, Reber, Neville, & Paller, 2015; Bertels et al., 2012; Franco et al., 2015; Kim et al., 2009). Esta situação pode decorrer de algumas opções metodológicas tomadas, como por exemplo, a utilização de oito “palavras” em comparação com um menor número utilizado em estudos anteriores. Por exemplo, Saffran, Aslin, & Newport (1996) usaram quatro “palavras” e Batterink, Reber, Neville, & Paller (2015) seis. Por sua vez, no nosso estudo, as “palavras” também foram repetidas menos vezes (60 repetições) em comparação com estudos anteriores (por exemplo, 300 vezes em Batterink, Reber, & Paller, 2015). Por outro lado, é possível que a utilização de “palavras” com PTs mais baixas, e não apenas com PT altas como em estudos prévios, tenha gerado níveis mais elevados de dificuldade na tarefa. Adicionalmente, a apresentação de “palavras” com PTs distintas (altas e baixas) no mesmo contínuo auditivo pode também ter criado dificuldades adicionais, na medida em que criou maior variabilidade na distribuição das probabilidades estatísticas do *input*, dificultando a extração de regularidades do mesmo.

Em todo o caso, os resultados dos ERPs mostraram que esta técnica foi capaz de detetar modulações nas respostas à tarefa de 2-AFC em função das PTs das “palavras” e das condições em que estas foram aprendidas nos componentes P200, N400 e LNC, embora nem todos os efeitos tenham sido completamente esperados. Especificamente, no componente P200, verificou-se que estímulos (i.e., “palavras” e distratores) com PT alta elicitarão amplitudes maiores do que estímulos com PT baixa. Este efeito está de acordo com resultados encontrados em estudos prévios. Por exemplo, Wlotko & Federmeier (2007) usaram ERPs para avaliar o efeito da expectativa e da restrição no processamento de frases. Os resultados mostraram que a P200 foi sensível às restrições do contexto frásico, ou seja, palavras inseridas em contextos fortemente restritos (i.e., mais preditivos) elicitarão amplitudes maiores deste componente do que as palavras inseridas em contextos menos restritos (i.e., menos preditivos). No contexto do nosso estudo, sabemos que nos estímulos com PT alta (i.e., PT = 1.0), a primeira sílaba é sempre seguida pela segunda sílaba que, por sua vez, é sempre seguida pela terceira sílaba, o que lhes confere um elevado grau de previsibilidade. Porém, além da previsibilidade, as sílabas dos estímulos

com PT alta tiveram uma baixa frequência de apresentação, o que pode estar a afetar o efeito neste componente, que também é sensível à frequência dos estímulos. Por exemplo, Kwon e colaboradores (2011) encontraram que a P200 é sensível à frequência, com amplitudes reduzidas para estímulos mais frequentes, como foi observado nos nossos dados. Em qualquer caso, os nossos dados podem ser interpretados sob a hipótese de que um aumento em P200 reflete a aprendizagem. Embora este resultado pareça confirmar esta interpretação, em linha com outras referências que suportam este achado, a variabilidade dos resultados na literatura não permite uma conclusão firme por agora (para uma discussão mais aprofundada, ver Tremblay et al., 2014). Vale também ressaltar que a P200 não foi modulada pelo efeito das instruções, que supostamente poderiam tornar a condição explícita mais previsível e, conseqüentemente, eliciar uma maior amplitude deste componente. Este resultado parece assinalar que o conhecimento explícito da tarefa e dos estímulos não surte efeito neste nível do processamento, onde a variável de regularidades estatísticas teria uma relevância maior. Assim, podemos concluir que os participantes foram sensíveis às pistas contextuais, nomeadamente à PT dos estímulos, usando-as para prever as características da sílaba que se segue.

A onda N400 foi amplamente estudada durante a fase de familiarização no paradigma AE, tendo sido o aumento da sua amplitude relacionado com aprendizagem de estruturas superiores à sílaba, como são os tripletos ou “palavras” (e.g., Abia et al., 2008; Batterink & Paller, 2017). Relativamente aos resultados da nossa experiência, o efeito de interação triplo observado indica que os distratores identificados como “palavras” na condição de aprendizagem implícita elicitaram uma maior amplitude, não corroborando as nossas hipóteses. Finnigan e colaboradores (2002) mostraram que o componente N400 foi modulado pela “força da memória”, ou seja, a amplitude deste componente foi mais negativa para palavras novas (i.e., palavras nunca apresentadas na fase de codificação) e mais positiva para palavras fortes (i.e., palavras apresentadas três vezes durante a fase de codificação). Assim, e tendo em conta o efeito da previsibilidade do contexto na modulação deste componente (Kutas & Hillyard, 1984), seria expectável que os distratores elicitassem maiores amplitudes na condição explícita do que na condição implícita. Deacon e colaboradores (2004) sugeriram que o componente N400 é modulado pela análise fonológica dos estímulos apresentados, justificando, assim, neste estudo, o facto de os distratores identificados como “palavras”, na medida em que são fonologicamente similares, tenham elicitado maiores amplitudes deste componente. Noutro estudo, Mantegna e colaboradores (2019) usaram frases rimadas e com contexto não restritivo para a palavra-alvo, mantendo a plausibilidade da frase. Desta forma, foi possível diferenciar a previsão vs. integração das palavras, dado que a única diferença entre as condições experimentais era a previsibilidade da palavra. Os resultados obtidos revelaram diferenças

significativas neste componente entre as condições intermédia e congruente, refletindo assim processos preditivos. Desta forma, e tendo em conta que no presente trabalho estamos a analisar a fase de reconhecimento, onde pedimos aos participantes que discriminem entre dois estímulos, podemos concluir que os participantes fizeram uma análise mais profunda dos distratores (possivelmente devido ao reduzido nível de aprendizagem na condição de aprendizagem implícita) por estes serem estímulos novos e muito semelhantes aos ouvidos durante a fase de familiarização.

O componente tardio LNC foi afetado pelas instruções e, de forma interativa, pelas instruções e pelo tipo de estímulo. Sob o termo "negatividade tardia", na literatura podem ser encontrados efeitos em latências variáveis. Nesta janela temporal, esperávamos encontrar uma modulação semelhante ao efeito *old/new*, vinculado ao LPC (Batterink, Reber, & Paller, 2015; Batterink, Reber, Neville, & Paller, 2015), mas os resultados observados no componente LNC, não suportam as nossas hipóteses. Como as "palavras" foram ensinadas de forma explícita aos participantes, era esperado que isto fortalecesse a sua representação e, conseqüentemente, elicitassem amplitudes maiores nesta condição de aprendizagem. Kayser e colaboradores (2007) recolheram ERPs enquanto os participantes, perante uma apresentação de palavras em série, indicavam se cada palavra era nova (i.e., se nunca tinha sido apresentada) ou antiga (i.e., se já tinha sido apresentada anteriormente). Os resultados mostraram que os itens antigos, em comparação com os itens novos, elicitaram amplitudes maiores do componente LNC (i.e., verificou-se um efeito *old/new*). Similarmente, Kayser e colaboradores (2003) também mostraram, durante uma tarefa de reconhecimento de palavras, a existência de um efeito *old/new* associado ao componente LNC, o qual foi quase exclusivamente observado para os itens antigos. Como pode ser observado, este componente de grande amplitude tem um desenvolvimento lento, o que indica uma complexidade ao nível dos mecanismos neurais subjacentes, e que têm sido relacionados com outros efeitos distinto do *old/new*, como extração de regularidades (Zachau et al., 2005) ou discriminação de acentuação das palavras (Lu et al., 2018). Em tarefas de discriminação, com algum paralelismo com a presente tarefa, tem sido relacionado com o controlo atencional e a monitorização de conflitos (Passow et al., 2014), o que pode oferecer uma interpretação alternativa dos efeitos encontrados. Assim, verificamos uma maior amplitude na tarefa implícita, condição em que os participantes não puderam tirar partido das instruções explícitas. O efeito de interação com o tipo de estímulo vai ao encontro desta interpretação. Deste modo, apesar de haver indicadores de aprendizagem moderados, esse conflito foi notado nos distratores, com amplitudes maiores na condição implícita em comparação com os distratores da condição explícita.

Em conjunto, estes resultados revelam não só a sensibilidade da AE para as flutuações da PT das “palavras” a aprender (como encontramos na onda P2), bem como para as condições em que esta aprendizagem ocorre (efeitos em N400 e, mais claramente, em LNC). Desta forma, através da utilização de medidas de ERP, foi gerado conhecimento que de outra forma, seria impossível alcançar.

Vale destacar algumas limitações do paradigma que podem restringir o espectro dos resultados, principalmente no que se refere ao número reduzido de ensaios. Por esse motivo, parece aconselhável no futuro ampliar o tamanho da amostra ou optar por variações das tarefas que permitam o seu aumento. Por outro lado, devido à baixa sensibilidade observada da tarefa 2-AFC para medir os efeitos dessas variáveis na EA (em oposição aos dados ERP), estudos futuros devem considerar o uso de diferentes tarefas para avaliar o grau de AE gerado na fase de familiarização, como a tarefa auditória de apresentação serial rápida (*Rapid Serial Auditory Presentation*) utilizada por Franco e colaboradores (2015), com maior validade ecológica, bem como o uso combinado com técnicas que permitam medir outros índices de aprendizagem.

Referências

- Abla, D., Katahira, K., & Okanoya, K. (2008). On-line assessment of statistical learning by event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *20*(6), 952–964.
<https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20058>
- Arciuli, J., & Simpson, I. C. (2012). Statistical learning is related to reading ability in children and adults. *Cognitive Science*, *36*(2), 286–304. <https://doi.org/10.1111/j.1551-6709.2011.01200.x>
- Arciuli, J., Torkildsen, J. V. K., Stevens, D. J., Simpson, I. C., Bertels, J., & De, U. L. (2014). Statistical learning under incidental versus intentional conditions. *Frontiers in Psychology*, *5*, 747.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00747>
- Arnon, I. (2020). Do current statistical learning tasks capture stable individual differences in children? An investigation of task reliability across modality. *Behavior Research Methods*, *52*(1), 68–81.
<https://doi.org/10.3758/s13428-019-01205-5>
- Aslin, R. N., Saffran, J. R., & Newport, E. L. (1998). Computation of conditional probability statistics by 8-month-old infants. *Psychological Science*, *9*(4), 321–324. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00063>
- Batterink, L. J., & Paller, K. A. (2017). Online neural monitoring of statistical learning. *Cortex*, *90*, 31–45. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2017.02.004>
- Batterink, L. J., Reber, P. J., Neville, H. J., & Paller, K. A. (2015). Implicit and explicit contributions to statistical learning. *Journal of Memory and Language*, *83*, 62–78.
<https://doi.org/10.1016/j.jml.2015.04.004>
- Batterink, L. J., Reber, P. J., & Paller, K. A. (2015). Functional differences between statistical learning with and without explicit training. *Learning and Memory*, *22*, 544–556.
<https://doi.org/10.1101/lm.037986.114>
- Bertels, J., Franco, A., & Destrebecqz, A. (2012). How implicit is visual statistical learning?. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, *38*(5), 1425–1431.
<https://doi.org/10.1037/a0027210>
- Bulf, H., Johnson, S. P., & Valenza, E. (2011). Visual statistical learning in the newborn infant. *Cognition*, *121*(1), 127–132. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.06.010>
- Christiansen, M. H. (2019). Implicit statistical learning: A tale of two literatures. *Topics in Cognitive Science*, *11*(3), 468–481. <https://doi.org/10.1111/tops.12332>
- Cunillera, T., Toro, J. M., Sebastián-Gallés, N., & Rodríguez-Fornells, A. (2006). The effects of stress and statistical cues on continuous speech segmentation: An event-related brain potential study. *Brain Research*, *1123*(1), 168–178. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.09.046>
- Curran, T. (1999). The electrophysiology of incidental and intentional retrieval: ERP old/new effects in lexical decision and recognition memory. *Neuropsychologia*, *37*(7), 771–785.
[https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(98\)00133-X](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(98)00133-X)
- Curran, T., & Cleary, A. M. (2003). Using ERPs to dissociate recollection from familiarity in picture recognition. *Cognitive Brain Research*, *15*(2), 191–205. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00192-1](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00192-1)
- Deacon, D., Dynowska, A., Ritter, W., & Grose-fifer, J. (2004). Repetition and semantic priming of

- nonwords: Implications for theories of N400 and word recognition. *Psychophysiology*, *41*(1), 60–74. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00120>
- Duarte, A., Ranganath, C., Winward, L., Hayward, D., & Knight, R. T. (2004). Dissociable neural correlates for familiarity and recollection during the encoding and retrieval of pictures. *Cognitive Brain Research*, *18*(3), 255–272. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2003.10.010>
- Erickson, L. C., Kaschak, M. P., Thiessen, E. D., & Berry, C. A. S. (2016). Individual differences in statistical learning: Conceptual and measurement issues. *Collabra*, *2*(1). <https://doi.org/10.1525/collabra.41>
- Finnigan, S., Humphreys, M. S., Dennis, S., & Geffen, G. (2002). ERP “old/new” effects: Memory strength and decisional factor(s). *Neuropsychologia*, *40*(13), 2288–2304. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00113-6](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00113-6)
- Franco, A., Eberlen, J., Destrebecqz, A., Cleeremans, A., & Bertels, J. (2015). Rapid serial auditory presentation: A new measure of statistical learning in speech segmentation. *Experimental Psychology*, *62*(5), 346–351. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000295>
- Francois, C., & Schön, D. (2010). Learning of musical and linguistic structures: Comparing event-related potentials and behavior. *NeuroReport*, *21*(14), 928–932. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32833ddd5e>
- Frensch, P. A., & Rünger, D. (2003). Implicit learning. *Current Directions in Psychological Science*, *12*(1), 13–18. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.01213>
- Frost, R., Armstrong, B. C., Siegelman, N., & Christiansen, M. H. (2015). Domain generality versus modality specificity: The paradox of statistical learning. *Trends in Cognitive Sciences*, *19*(3), 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.12.010>
- Kayser, J., Fong, R., Tenke, C. E., & Bruder, G. E. (2003). Event-related brain potentials during auditory and visual word recognition memory tasks. *Cognitive Brain Research*, *16*(1), 11–25. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00205-7](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00205-7)
- Kayser, J., Tenke, C. E., Gates, N. A., & Bruder, G. E. (2007). Reference-independent ERP old/new effects of auditory and visual word recognition memory: Joint extraction of stimulus- and response-locked neuronal generator patterns. *Psychophysiology*, *44*(6), 949–967. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00562.x>
- Kim, R., Seitz, A., Feenstra, H., & Shams, L. (2009). Testing assumptions of statistical learning: Is it long-term and implicit?. *Neuroscience Letters*, *461*(2), 145–149. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.06.030>
- Kirkham, N. Z., Slemmer, J. A., & Johnson, S. P. (2002). Visual statistical learning in infancy: Evidence for a domain general learning mechanism. *Cognition*, *83*(2), 35–42. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(02\)00004-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0010-0277(02)00004-5)
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, *307*(5947), 161–163. <https://doi.org/10.1038/307161a0>
- Kwon, Y., Lee, Y., & Nam, K. (2011). The different P200 effects of phonological and orthographic syllable frequency in visual word recognition in Korean. *Neuroscience Letters*, *501*(2), 117–121. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.06.060>

- Lu, S., Vigário, M., Correia, S., Jerónimo, R., & Frota, S. (2018). Revisiting stress “deafness” in European Portuguese – A behavioral and ERP study. *Frontiers in Psychology, 9*, 2486. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02486>
- Mantegna, F., Hintz, F., Ostarek, M., Alday, P. M., & Huettig, F. (2019). Distinguishing integration and prediction accounts of ERP N400 modulations in language processing through experimental design. *Neuropsychologia, 134*, 107199. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.107199>
- Passow, S., Westerhausen, R., Hugdahl, K., Wartenburger, I., & Heekeren, H. R. (2014). Electrophysiological correlates of adult age differences in attentional control of auditory processing. *Cerebral Cortex, 24*(1), 249–260. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs306>
- Perruchet, P., & Pacton, S. (2006). Implicit learning and statistical learning: One phenomenon, two approaches. *Trends in Cognitive Sciences, 10*(5), 233–238. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.03.006>
- Raviv, L., & Arnon, I. (2018). The developmental trajectory of children’s auditory and visual statistical learning abilities: Modality-based differences in the effect of age. *Developmental Science, 21*(4), e12593. <https://doi.org/10.1111/desc.12593>
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 6*(6), 855–863. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(67\)80149-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(67)80149-X)
- Reber, A. S. (1976). Implicit learning of synthetic languages: The role of instructional set. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory, 2*(1), 88–94. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.2.1.88>
- Reber, A. S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General, 118*(3), 219–235. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.118.3.219>
- Romberg, A. R., & Saffran, J. R. (2010). Statistical learning and language acquisition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, 1*(6), 906–914. <https://doi.org/10.1002/wcs.78>
- Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science, 274*(5294), 1926–1928. <https://doi.org/10.1126/science.274.5294.1926>
- Saffran, J. R., Johnson, E. K., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1999). Statistical learning of tone sequences by human infants and adults. *Cognition, 70*(1), 27–52. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(98\)00075-4](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(98)00075-4)
- Saffran, J. R., Newport, E. L., & Aslin, R. N. (1996). Word segmentation: The role of distributional cues. *Journal of Memory and Language, 35*(4), 606–621. <https://doi.org/10.1006/jmla.1996.0032>
- Saffran, J. R., Newport, E. L., Aslin, R. N., Tunick, R. A., Barrueco, S., Saffran, J. R., Newport, E. L., Aslin, R. N., Tunick, R. A., & Barrueco, S. (1997). Incidental language learning: Listening (and learning) out of the corner of your ear. *Psychological Science, 8*(2), 101–105. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1997.tb00690.x>
- Sanders, L. D., & Neville, H. J. (2003a). An ERP study of continuous speech processing: I. Segmentation, semantics, and syntax in native speakers. *Cognitive Brain Research, 15*(3), 228–240. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00195-7](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00195-7)
- Sanders, L. D., & Neville, H. J. (2003b). An ERP study of continuous speech processing: II.

- Segmentation, semantics, and syntax in non-native speakers. *Cognitive Brain Research*, *15*(3), 214–227. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00194-5](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00194-5)
- Sanders, L. D., Newport, E. L., & Neville, H. J. (2002). Segmenting nonsense: An event-related potential index of perceived onsets in continuous speech. *Nature Neuroscience*, *5*(7), 700–703. <https://doi.org/10.1038/nn873>
- Siegelman, N., Bogaerts, L., Christiansen, M. H., & Frost, R. (2017). Towards a theory of individual differences in statistical learning. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *372*(1711), 20160059. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0059>
- Siegelman, N., Bogaerts, L., & Frost, R. (2017). Measuring individual differences in statistical learning: Current pitfalls and possible solutions. *Behavior Research Methods*, *49*(2), 418–432. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0719-z>
- Siegelman, N., Bogaerts, L., Kronenfeld, O., & Frost, R. (2017). Redefining “learning” in statistical learning: What does an online measure reveal about the assimilation of visual regularities?. *Cognitive Science*, *42*(3), 692–727. <https://doi.org/10.1111/cogs.12556>
- Soares, A. P., Gutiérrez-Domínguez, F. J., Vasconcelos, M., Oliveira, H. M., Tomé, D., & Jiménez, L. (2020). Not all words are equally acquired: Transitional probabilities and instructions affect the electrophysiological correlates of statistical learning. *Frontiers in Human Neuroscience*, *14*, 387. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.577991>
- Tillmann, B., & McAdams, S. (2004). Implicit learning of musical timbre sequences: Statistical regularities confronted with acoustical (dis)similarities. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, *30*(5), 1131–1142. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.5.1131>
- Toro, J. M., Sinnett, S., & Soto-Faraco, S. (2005). Speech segmentation by statistical learning depends on attention. *Cognition*, *97*(2), 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.01.006>
- Tremblay, K. L., Ross, B., Inoue, K., Mcclannahan, K., & Collet, G. (2014). Is the auditory evoked P2 response a biomarker of learning?. *Frontiers in Systems Neuroscience*, *8*, 28. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00028>
- Turk-Browne, N. B., Jungé, J. A., & Scholl, B. J. (2005). The automaticity of visual statistical learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, *134*(4), 552–564. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.134.4.552>
- Wlotko, E. W., & Federmeier, K. D. (2007). Finding the right word: Hemispheric asymmetries in the use of sentence context information. *Neuropsychologia*, *45*(13), 3001–3014. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.05.013>
- Zachau, S., Rinker, T., Bianca, K., Kohls, G., Maas, V., Hennighausen, K., & Schecker, M. (2005). Extracting rules: Early and late mismatch negativity to tone patterns. *NeuroReport: For Rapid Communication of Neuroscience Research*, *16*(18), 2015–2019. <https://doi.org/10.1097/00001756-200512190-00009>

Anexos

Anexo A – Parecer da Subcomissão de Ética para as Ciências Sociais e Humanas



Universidade do Minho
SECSH

Subcomissão de Ética para as Ciências Sociais e Humanas

Identificação do documento: SECSH 028/2018

Título do projeto: *Correlatos neurodesenvolvimentais dos mecanismos implícitos-explicitos de aprendizagem em crianças com Perturbação Específica de Linguagem: Evidência com potenciais evocados cerebrais*

Investigador(a) Responsável: Ana Paula de Carvalho Soares, Departamento de Psicologia Básica, Escola de Psicologia, Universidade do Minho

Outros Investigadores: Montserrat Comesaña, Centro de Investigação em Psicologia (CIPsi), Escola de Psicologia, Universidade do Minho; Marisa Lobo Lousada, Escola Superior de Saúde, Universidade de Aveiro; David Simões, Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto, Instituto Politécnico do Porto; Ana Sucena, Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto, Instituto Politécnico do Porto; Ana P. Patrícia, Faculdade de Psicologia, Universidade de Lisboa

PARECER

A Subcomissão de Ética para as Ciências Sociais e Humanas (SECSH) analisou o processo relativo ao projeto intitulado *“Correlatos neurodesenvolvimentais dos mecanismos implícitos-explicitos de aprendizagem em crianças com Perturbação Específica de Linguagem: Evidência com potenciais evocados cerebrais”*.

Os documentos apresentados revelam que o projeto obedece aos requisitos exigidos para as boas práticas na investigação com humanos, em conformidade com as normas nacionais e internacionais que regulam a investigação em Ciências Sociais e Humanas.

Face ao exposto, a SECSH nada tem a opor à realização do projeto.

Braga, 12 de junho de 2018.

O Presidente

Digitally signed by PAULO
MÁNUEL PINTO PEREIRA
ALMEIDA MACHADO
Data: 2018.06.12 16:14:56
+0100

Paulo Manuel Pinto Pereira Almeida Machado