



FACULDADE DE CIÊNCIAS
FACULDADE DE LETRAS
FACULDADE DE MEDICINA
FACULDADE DE PSICOLOGIA

**A MONITORIZAÇÃO NO PROCESSAMENTO DE FRASES:
EVIDÊNCIAS COMPORTAMENTAIS E ELETROFISIOLÓGICAS**

Sara Alexandre da Palma Soares

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Ciência Cognitiva

Dissertação orientada pelas Professoras Doutoras Ana Luísa Raposo (FP-UL) e Rita
Jerónimo (ISCTE-IUL)

2015



FACULDADE DE CIÊNCIAS
FACULDADE DE LETRAS
FACULDADE DE MEDICINA
FACULDADE DE PSICOLOGIA

**A MONITORIZAÇÃO NO PROCESSAMENTO DE FRASES:
EVIDÊNCIAS COMPORTAMENTAIS E ELETROFISIOLÓGICAS**

Sara Alexandre da Palma Soares

Mestrado em Ciência Cognitiva

2015

Agradecimentos

Às minhas orientadoras, as professoras Ana Luísa e Rita, por terem aceitado acompanhar-me nesta aventura e por terem sido, mais do que orientadoras, uma fonte de inspiração intelectual e de apoio emocional,

Aos meus colegas de mestrado, que tornaram a passagem no mesmo uma experiência bonita e inesquecível, recheada de boas memórias,

À Joana e à Mónica, pela ajuda incansável que me deram ao longo deste projecto,

Ao Sarzedas, que ofereceu a cabeça para o estudo piloto de EEG,

A todos os estagiários e colegas que me ajudaram a recrutar os tão necessários participantes,

Ao Ricardo, que me guiou em todos os passos da recolha e análise dos dados de EEG,

A todos os que fizeram comentários no Journal Club, Labmeeting, Seminário, ou qualquer outro contexto,

A todos os participantes, sem os quais este trabalho não seria possível,

À minha mãe e à minha avó, que me fizeram comida, lavaram a louça e baixaram o volume da televisão e da conversa enquanto trabalhava em casa,

Aos meus amigos, que não me deixaram ir abaixo e me proporcionaram momentos mágicos durante esta longa epopeia,

À música, companheira fiel nos momentos mais solitários,

Aos livros, filmes e quadros que me fizeram sonhar quando não conseguia tirar os pés do chão,

À Christian Pilastre, pelos mandalas para colorir,

Ao bocadinho de sanidade que nunca me abandonou,

Ao Dodô, que respondeu a frustração com amor, a irritação com paciência, a lágrimas com sorrisos.

“Cependant je ne me saurais trop étonner quand je considère combien mon esprit a de faiblesse et de pente qui le porte insensiblement dans l'erreur”

Descartes, *Méditations sur la philosophie première*

Resumo

Somos diariamente expostos a uma grande quantidade de informação, alguma da qual contém anomalias. A prevalência de erros de compreensão e de desempenho terão promovido o desenvolvimento de processos executivos controlados, que permitem monitorizar a informação e inibir tendências de resposta inadequadas. Estes processos nem sempre, no entanto, atuam de forma eficaz para prevenir erros, sendo disso exemplo as ilusões semânticas (Erickson & Mattson, 1981), na medida em que a anomalia na frase não é detetada mesmo quando é detido conhecimento correto acerca dos factos nela descritos. Isto é sugestivo de que, na ausência da atuação de processos mais controlados, as pessoas seguem uma via de processamento mais intuitiva que as induz em erro, tornando as ilusões semânticas uma ferramenta muito útil para explorar a ação de processos controlados no processamento linguístico. Estudos eletrofisiológicos têm identificado um potencial relacionado com processos de monitorização de erros de desempenho, mais pronunciado após respostas incorretas (*Ne*). Por seu turno, estudos de monitorização no processamento linguístico têm-se focado na deteção e integração de anomalias *online*, dedicando pouca atenção à atividade pós-resposta. O presente estudo explora a ação de mecanismos de monitorização no processamento de frases, incidindo na deteção de erros, pós-resposta, aliando medidas comportamentais a medidas eletrofisiológicas. Concretamente, foi utilizado o paradigma das ilusões semânticas numa tarefa de verificação de frases e medida a precisão do desempenho comportamental bem como a atividade elétrica cerebral dos participantes, sendo de interesse o potencial *Ne*, de atividade pós-resposta. Tarefas de controlo executivo gerais (i.e., *Go/No-Go* e *n-back*) completaram o estudo. Tal como esperado, os participantes demoraram mais tempo e deram mais erros na verificação de frases com ilusões do que em frases claramente verdadeiras ou claramente falsas. Criticamente, foi observada uma maior negatividade no potencial *Ne* nas ilusões semânticas não detetadas do que em qualquer outra frase. Adicionalmente, participantes com maior capacidade de deteção de ilusões apresentaram também maior capacidade de inibição na tarefa *Go/No-Go*. Os resultados demonstram que, mesmo quando a anomalia na frase não é detetada comportamentalmente, há indícios eletrofisiológicos de que foi detetada pelo sistema de monitorização, sugerindo ainda que a capacidade de inibir tendências de resposta tem influência na capacidade de deteção de ilusões. Estes resultados têm implicações para a compreensão da atuação de processos controlados no processamento linguístico. Em

estudos futuros será importante compreender melhor as condições em que estes atuam e o impacto de estratégias e características individuais.

Palavras-chave: Processos controlados; processamento de frases; ilusões semânticas; *ERPs*; *Ne/CRN*.

Abstract

We are exposed, on a daily basis, to a massive amount of information, some of which contains anomalies. The prevalence of comprehension and performance errors triggered the development of controlled executive processes that allow us to monitor information and inhibit inadequate response tendencies. However, these processes are not always able to effectively prevent errors, as it is shown by semantic illusions (Erickson & Mattson, 1981), sentences in which the anomaly passes undetected even when correct knowledge about it is held. This suggests that when the action of more controlled processes is absent people follow a more intuitive route of processing that leads them to error, which renders semantic illusions a very useful tool for exploring the action of controlled processes in language processing. Electrophysiology studies have identified a potential that is related with performance monitoring processes and is larger after incorrect responses (*Ne*). On the other hand, studies of monitoring in language processing have focused on the online detection and integration of anomalies, devoting little attention to post-response activity. The present study explores the action of monitoring mechanisms in sentence processing by focusing on post-response error detection and combining behavioral and electrophysiological measures. Namely, we used the semantic illusions paradigm in a sentence verification task and measured the both the behavioral accuracy and the brain's electrical activity of the participants, focusing on the post-response component *Ne*. General executive control tasks (i.e., *Go/No-Go* and *n-back*) completed the study. As expected, participants took longer and made more mistakes verifying the sentences with illusions relative to clearly true and clearly false sentences. Critically, the negativity observed for undetected semantic illusions was larger than that observed for the other types of sentences. Additionally, participants that showed greater illusion detecting ability also showed greater inhibition ability in the *Go/No-Go* task. The results show that even when the anomaly in the sentence is not behaviorally detected there are electrophysiological evidences that it is nonetheless detected by the monitoring system and suggest that the ability to inhibit response tendencies has an influence in the ability to detect illusions. These results have implications for the understanding of how controlled processes act in language processing. Future studies should address the conditions in which these processes act and the impact that individual strategies and characteristics have on them.

Key-words: Controlled processes; sentence processing; semantic illusions; *ERPs*;
Ne/CRN

Índice

1. Introdução	1
1.1. A monitorização no processamento linguístico.....	4
1.2. O caso particular das ilusões semânticas	6
1.3. Processos controlados nas ilusões semânticas	10
1.4. O estudo eletrofisiológico da monitorização de erros	14
1.5. Monitorização e inibição de tendências de resposta em tarefas comportamentais.....	20
1.6. O presente trabalho: objetivos, hipóteses e enquadramento na Ciência Cognitiva.....	23
2. Método	26
2.1. Participantes	26
2.2. Material	27
2.2.1. Tarefa principal de verificação de frases	27
2.2.2. Tarefa complementar <i>Go/No-Go</i>	28
2.2.3. Tarefa complementar <i>n-back</i>	28
2.2.4. Teste de conhecimento	29
2.3. Plano experimental	30
2.4. Procedimento	30
2.4.1. Tarefa principal de verificação de frases	31
2.4.2. Tarefa complementar <i>Go/No-Go</i>	32
2.4.3. Tarefa complementar <i>n-back</i>	33
2.4.3. Teste de conhecimento	33
2.5. Aparelho e registo eletrofisiológico	34
2.6. Análise de dados	35
2.6.1 Pré-processamento dos dados electrofisiológicos	35
2.6.2 Análises estatísticas para dados comportamentais e electrofisiológicos.....	36
3. Resultados	37
3.1. Dados Comportamentais	37
3.1.1. Tarefa principal de verificação de frases	38

3.1.2. Tarefa complementar Go/No-Go	40
3.1.3. Tarefa complementar n-back	41
3.1.4. Teste de conhecimento	42
3.2. Análises de correlação entre as tarefas	42
3.3. Dados Eletrofisiológicos	44
3.3.1. Tarefa de verificação	45
3.3.2. Go/No-Go	46
3.4. Correlações entre dados eletrofisiológicos e dados comportamentais.....	48
4. Discussão	49
4.1. Interpretação dos resultados obtidos	49
4.2. Relevância dos resultados e implicações para outras áreas	55
4.3. Limitações e estudos futuros	59
5. Conclusão	62
6. Referências	63
Anexo A (Frases utilizadas na tarefa de verificação e características controladas)	ii
Anexo B (Lista das perguntas utilizadas no teste de conhecimento)	xi
Anexo C (Instruções da tarefa de verificação)	xiv
Anexo D (Instruções da tarefa <i>Go/No-Go</i>)	xv
Anexo E (Instruções da tarefa <i>n-back</i>)	xvi
Anexo F (Instruções do teste de conhecimento)	xvii
Anexo G (Instruções gerais para a recolha de dados com EEG)	xviii

Índice de Figuras

Figura 1: Ilustração das ondas <i>Ne</i> (<i>error-related negativity</i> , traço contínuo) e <i>CRN</i> (<i>correct-related negativity</i> , a tracejado) e mapa de voltagem numa tarefa de Flanker (Retirado de Moser e colaboradores, 2013, p. 2)	17
Figura 2: Diagrama esquemático ilustrativo da teoria do <i>Ne</i> ancorada na deteção de um mismatch entre a resposta pretendida e a resposta dada. A deteção da discrepância por parte de processos executivos de monitorização entre estas representações origina o potencial <i>Ne</i> (Retirado de Gehring, Liu, Orr & Carp, 2012, p. 242)	19
Figura 3: Ilustração dos estímulos utilizados na tarefa <i>Go/No-Go</i> , construídos a partir da descrição de Brocki & Bohlin (2004, p. 579)	28
Figura 4: Ilustração de um procedimento típico da tarefa <i>n-back</i> (Retirado de http://mikeclaffey.com/psyc2/notes-cog-exec-func.html)	29
Figura 5: Ilustração do procedimento da tarefa de verificação	32
Figura 6: Esquema da montagem das toucas. REF: Referência e GRD: Terra	35
Figura 7: Média da precisão (e desvio-padrão) por tipo de frase na tarefa de verificação de frases	39
Figura 8: Média do tempo de resposta (e desvio-padrão) por tipo de frase na tarefa de verificação de frases	40
Figura 9: Média (e desvio-padrão) dos erros de omissão e comissão por grupos de diferente capacidade de deteção de ilusões semânticas	44
Figura 10: Amplitude do <i>Ne</i> e do <i>CRN</i> para as quatro condições da tarefa de verificação de frases nos canais Fz, FCz, Cz e Pz	46
Figura 11: Amplitude do <i>Ne</i> para os dois tipos de resposta no canal FCz	47
Figura 12: Correlação entre o tempo de resposta a ilusões semânticas não detetadas e a amplitude média do <i>Ne</i> no canal Pz	48

Índice de Tabelas

Tabela 1: Média e desvio-padrão das omissões e comissões <i>Go</i> e <i>No-Go</i> e dos acertos e erros totais na tarefa <i>Go/No-Go</i>	41
---	----

1. Introdução

«What is of interest is perhaps not the semantic illusion itself, but what it can reveal about the use of mental shortcuts in sentence processing. These shortcuts are usually effective and efficient given processing capacity limitations, but lead to error where details within a sentence context are mismatched as in the Moses example.»

- Anke Büttner (2012, p. 882)

A aquisição e manipulação de informação é uma constante fundamental na vida humana. Somos expostos diariamente a uma quantidade massiva de informação, provinda das mais diversas fontes, que muitas vezes processamos, retemos, integramos e, em alguns casos, temos de rejeitar. A investigação desenvolvida nos campos da Educação e da Cognição tem-se focado sobretudo na forma como as pessoas adquirem informação válida (Rapp & Baasch, 2014). No entanto, uma questão crucial é a da fiabilidade da informação que é veiculada. Enquanto algumas fontes informativas são precisas e fiáveis, outras contêm erros, imprecisões e distorções. Assim, uma discussão fundamental refere-se à forma como o ser humano lida com a informação que lhe chega, como a interpreta e integra com o conhecimento já presente. Várias evidências sugerem que as pessoas nem sempre rejeitam informação distorcida, pelo contrário codificam e compreendem essa informação (Rapp, 2008), e mais ainda, utilizam-na em situações futuras (Marsh, Meade, & Roediger, 2003) Por exemplo, apesar das pessoas saberem que o maior oceano é o Pacífico, após lerem histórias que indicam (erradamente) que “o Atlântico é o maior oceano”, a probabilidade de incluírem este erro em respostas futuras aumenta significativamente (Fazio, Dolan, & Marsh, 2015).

A forma como lidamos com informação distorcida não se esgota no processamento, integração e compreensão da informação, estendendo-se também ao desempenho consequente à aquisição desta informação. O desempenho humano é permeável a erros e esta prevalência conduziu à evolução de mecanismos controlados de monitorização da precisão do desempenho. A existência destes mecanismos de monitorização contínuos permite que se detetem e, até, corrijam, de forma relativamente rápida e eficiente, erros diversos, facilitando o comportamento orientado por objetivos (De Bruijn & Rhein, 2012; Gehring, Goss, Coles, Meyer, & Donchin, 1993; Van de Meerendonk, Indefrey, Chwilla, & Kolk, 2011). O processamento e a compreensão de

informação em frases e narrativas envolvem processos desta natureza que visam a monitorização e otimização do desempenho, contribuindo para uma integração coerente e completa da informação, bem como para a deteção de possíveis anomalias (Horowitz-Kraus & Breznitz, 2008; Van de Meerendonk et al., 2011; Van Herten, Chwilla, & Kolk, 2006; Vissers, Chwilla & Kolk, 2006). Por vezes, sem a ação de processos mais controlados, o resultado deste processo de monitorização e otimização do desempenho culmina numa resposta errada, pois em alguns casos parece ser necessário monitorizar atentamente e, até, inibir uma tendência de resposta intuitiva e errada (Büttner, 2012; Kan, Larocque, Lafleche, Coslett & Verfaellie, 2010; Mata, Ferreira & Reis, 2013; Raposo & Marques, 2013; Van de Meerendonk et al., 2011).

Apesar da detenção destes processos controlados, estes nem sempre são capazes de detetar anomalias a tempo de evitar uma resposta errada. O fenómeno linguístico paradigmático das ilusões semânticas (e.g., Erickson & Mattson, 1981) é particularmente desafiante para este sistema de monitorização, na medida em que mesmo tendo conhecimento correto acerca de um facto as pessoas parecem seguir uma via mais intuitiva e automática de processamento, respondendo de forma impulsiva e errada. Concretamente, a maior parte das pessoas considera a frase “Foram dois os animais de cada espécie que Moisés levou na arca” como verdadeira, não notando a anomalia que esta contém, mesmo quando sabem que não foi Moisés, mas Noé, que levou os animais na arca.

A questão central do presente trabalho é a de avaliar em que medida os erros de resposta às ilusões semânticas resultam de uma ausência de monitorização, ou da impossibilidade de implementar outro processo requerido, especificamente a inibição de uma tendência de resposta, ainda que ocorra a monitorização. Um conjunto recente de investigação eletrofisiológica dedicado aos processos de monitorização e deteção de erros (e.g., Amodio, Harmon-Jones, Devine, Curtin, Hartley, & Covert, 2004; Coles, Scheffers & Holroyd, 2001; De Bruijn & Rhein, 2012; Falkenstein, Hoormann, Christ, & Hohnsbein, 2000; Gehring et al., 1993; Horowitz-Kraus & Breznitz, 2011; Nieuwenhuis, Ridderinkhoff, Blom, Band, & Kok, 2001; Vidal, Burle, Bonnet, Grapperon, & Hasbroucq, 2000) sugere a existência de um potencial evocado associado ao cometimento de erros. Este potencial, designado de *Ne* (*error negativity*) ou *ERN* (*error-related negativity*), tem sido explorado no contexto de tarefas de decisão como *Go/No-Go*, *Flanker* ou *Stroop*, sendo observado depois de um erro ser cometido,

mesmo quando o participante não tem consciência explícita de ter errado (Hughes & Yeung, 2011; Nieuwenhuis et al., 2001; Shalgi & Deouell, 2012).

Apesar de existirem poucos estudos que exploram o potencial eletrofisiológico *Ne* no processamento linguístico, este surge como um índice eletrofisiológico fundamental para examinar até que ponto as pessoas são capazes de monitorizar as suas respostas durante o processamento de ilusões semânticas e em que grau estão conscientes de que cometeram um erro na resposta a este tipo de frases. Uma vez que a monitorização da resposta e consciência do erro se tratam de processos executivos controlados, é importante também perceber se e como o desempenho na verificação de frases está relacionado com o domínio de capacidades gerais de monitorização e inibição, independentemente do processamento linguístico, revelando diferenças individuais.

Num primeiro capítulo são detalhadas as bases teóricas que sustentam a presente investigação. Começa-se por apresentar o que se entende por processos controlados e como estes, particularmente a monitorização, contribuem para o processamento linguístico. É então apresentado o caso particular das ilusões semânticas, realçando-se as principais vicissitudes teóricas e metodológicas deste paradigma. Segue-se para o tópico do estudo da monitorização e do erro no domínio eletrofisiológico, onde o potencial *Ne* é alvo de análise e sistematização. Por fim, são apresentadas tarefas comportamentais que avaliam capacidades gerais de processamento controlado, nomeadamente de monitorização e de inibição de tendências de resposta.

No segundo capítulo é apresentado o estudo realizado. Como tarefa principal foi construída uma tarefa de verificação de frases e baseada no paradigma das ilusões semânticas, seguindo de perto o utilizado por Raposo e Marques (2013), com recolha de medidas comportamentais e eletrofisiológicas. Foram também aplicadas tarefas complementares, nomeadamente a tarefa *Go/No-Go* e a tarefa *n-back*, para avaliação de capacidades gerais de processamento controlado e teste da sua correlação com o desempenho e resposta eletrofisiológica na tarefa de verificação de frases. Por fim, foi aplicado um teste de conhecimento relativo aos factos descritos na tarefa de verificação, para assegurar que o desempenho na tarefa de ilusões semânticas não dependia da ausência de conhecimento semântico acerca dos factos descritos nas frases de ilusão.

No terceiro capítulo são apresentados e analisados os resultados comportamentais e eletrofisiológicos. No quarto capítulo estes resultados são discutidos

à luz da literatura apresentada, são apontadas as limitações do presente trabalho e reflete-se sobre futuros rumos de investigação. O trabalho termina com uma conclusão, no quinto capítulo.

1.1. A monitorização no processamento linguístico

O processamento de frases envolve a extração e integração de vários tipos de informação, incluindo informação fonológica, lexical, sintática, semântica e pragmática. Mobiliza portanto, um conjunto variado de processos, onde se inclui a extração do significado de palavras, a sua comparação com conhecimento prévio e a monitorização de anomalias (Friederici, 2011; Raposo & Marques, 2013; Van Herten et al., 2006).

Alguns processos envolvidos no processamento linguístico têm um carácter mais automático, enquanto outros exigem um maior controlo. Esta é uma discussão prevalente na literatura (e.g., Meyer, Wheeldon, & Krott, 2007) e pode ser enquadrada numa teoria de processamento dual, proposta há mais de um século por William James (1890) e empiricamente desenvolvida por Schneider e Shiffrin (1977). Esta oposição é traduzida numa variada nomenclatura, que descreve diferentes atributos destes processos, como o nível de controlo (controlados e automáticos), intencionalidade (deliberados e não-intencionais), profundidade de processamento (analíticos e heurísticos), consciência (conscientes e inconscientes), nível de esforço (que exigem recursos e sem esforço), racionalidade (racionais e intuitivos) e rapidez (lentos e rápidos) (Mata et al., 2013).

Os processos controlados são geralmente entendidos no quadro das funções executivas ou metacognitivas e incluem processos como o planeamento, alocação de recursos, monitorização, tomada de decisão, funções inibitórias, deteção e correção de erros. Este sistema de controlo cognitivo é fundamental para o comportamento orientado por objetivos, avaliando a adequação do desempenho e ajustando o comportamento de forma adaptativa (Alvarez & Emory, 2006; Gehring et al., 1993; Miyake et al., 2000; Simões-Franklin et al., 2010).

A monitorização, particularmente, traduz-se num processo que avalia a precisão ou adequação da atividade contínua e das respostas emitidas, visando a otimização em diversos domínios (Van de Meerendonk et al., 2011; Van Herten et al., 2006; Vissers et al., 2006). Na linguagem, o fenómeno de auto-reparação na produção é um exemplo claro desta monitorização, podendo, na distinção de Levelt (1983), ser evidente (e.g.,

discurso é interrompido) ou encoberta (quando os erros são detetados na fase de planeamento; Blacfkmer & Mitton, 1991; Postma, 2000). Esta monitorização também se estende à perceção e à compreensão da linguagem. Nestes domínios tem sido dada particular relevância a potenciais eletrofisiológicos recolhidos a partir de eletroencefalografia (EEG) como o N400 e Componentes Positivos Tardios (LPC, LPP, P600) (e.g., Bohan, Leuthold, Hijikata, & Sanford, 2012; Daltrozso, Wioland, & Kotchoubey, 2012; Nieuwland & Van Berkum, 2005, 2006; Sanford, Leuthold, Bohan, & Sanford, 2011; Van de Meerendonk et al., 2011; Severens & Hartsuiker, 2009; Van Herten et al., 2006; Vissers et al., 2006). Especificamente, estudos têm demonstrado que o N400 é elicitado em contextos em que não existe uma grande expectativa relativamente à forma como uma frase deve ser completada (baixa *cloze-probability*; e.g., *As almofadas estão cheias de livros que as tornam duras*; Vissers et al., 2006) ou esta expectativa é violada de forma muito óbvia, resultando numa descrição altamente implausível, quer em frases (e.g., “*A rapariga reconfortou o relógio*”; Nieuwland & Van Berkum, 2006) ou pequenas descrições (e.g., *O Leon é o gerente uma loja de discos em dificuldades. Ontem o dono disse-lhe que deve pensar em novas formas de vender cartas (...)*; Sanford et al., 2011). Contudo, em casos em que, apesar das anomalias, existe uma forte relação entre os elementos da frase possibilitando assim uma interpretação coerente de cariz mais heurístico, o N400 encontra-se ausente (mas ver Bohan et al., 2012), sendo observado apenas um P600/LPC. Este resultado é relatado em frases curtas (“*A raposa que disparou sobre o caçador*”; Van Herten et al., 2006), em frases onde a interpretação coerente é apenas parcial (“*O John viu que os elefantes podaram as árvores e continuaram a sua marcha pela selva*”; Van Herten et al., 2006), em pequenas descrições (*Os casos de abuso infantil são reportados muito mais frequentemente hoje em dia. Num julgamento recente, foi dada uma sentença à vítima (...)*; Sanford et al., 2011), e em pequenas histórias em que a continuação é anómala (e.g., uma história sobre um turista que quer levar uma mala muito grande e tem uma conversa com a senhora do *check-in* continuada com “*De seguida, a senhora disse à mala (...)*”; Nieuwland & Van Berkum, 2005). Adicionalmente, a ausência do N400 e P600 em situações de grande degradação sonora (em que processamento será mais automático), em contraste com as grandes amplitudes do componente em situações de alguma degradação (em que um processamento mais controlado poderá ocorrer) levaram Daltrozso e colaboradores (2012) a sugerir que estes componentes possam refletir mecanismos controlados no processamento de frases.

A maior parte da investigação sobre mecanismos de monitorização, no entanto, dirige-se ao domínio da ação, à monitorização do desempenho e das respostas emitidas, sobretudo através do potencial evocado *ERN/Ne* (*error-related negativity*) (e.g., Falkenstein, et al., 2000; Gehring, et al., 1993; Nieuwenhuis, et al., 2001; Shalgi & Deouell, 2012). Por seu turno, pouco se tem explorado o papel deste componente em tarefas com material linguístico (ver no entanto, Ganushchak & Schiller, 2006; Horowitz-Kraus & Breznitz, 2011; Sebastian-Gallés et al., 2006; Harris, Perfetti, & Rickles, 2013). A consideração deste potencial *Ne* no processamento de frases poderá revestir-se de importância considerando que processos controlados de monitorização poderão ocorrer não só durante o processamento de uma frase mas também posteriormente: se for requerido um julgamento ou decisão acerca da frase, os processos de monitorização estender-se-ão à resposta dada. A ação de mecanismos de monitorização torna-se particularmente interessante em condições em que as pessoas julgam ter compreendido corretamente uma frase mas, na realidade, não a compreenderam, tal como acontece no caso das ilusões semânticas (MacKay & Shafto, 2000). De salientar que esta falta de compreensão não se refere a uma falha na construção de uma representação, mas sim numa falha de deteção de uma anomalia na frase, não comprometendo, todavia, a integração desta informação e a tomada de uma decisão sobre ela. É neste último caso que o potencial *Ne* poderá tornar-se particularmente informativo acerca de processos de monitorização e deteção de erros no processamento de frases.

1.2. O caso particular das ilusões semânticas

As ilusões semânticas constituem um exemplo paradigmático de condições em que deter o conhecimento correto não nos protege de erros; é possível que se falhe em identificar uma anomalia numa frase e se emita, conseqüentemente, uma resposta errada acerca desta (Erickson & Mattson, 1981). De facto, ao ser apresentada a pergunta “Quantos foram os animais de cada espécie que Moisés levou na sua arca?” a maior parte das pessoas responde “dois”, não reparando que “Noé” foi substituído por “Moisés”. Estes erros surgem mesmo quando as pessoas detêm o conhecimento correto que Noé é a personagem a que esta história bíblica se refere. Este efeito também é encontrado quando a frase é apresentada no modo declarativo “Foram dois os animais

de cada espécie que Moisés levou na arca” e é pedido que se julgue a veracidade da frase (Büttner, 2007).

Grande parte da investigação inicial sobre as ilusões semânticas foi dedicada à procura de fatores explicativos da eficácia destas ilusões. Estas são de facto um fenómeno bastante robusto, estimando-se que as pessoas falhem a deteção dos erros em 35% a 50% das vezes (Hannon & Daneman, 2001), sendo o fenómeno passível de ser generalizado a outros materiais e condições, como por exemplo no contexto da leitura de histórias (Barton & Sanford, 1993; Fazio & Marsh, 2006).

A proximidade semântica, i.e., a quantidade de atributos semânticos partilhados pela palavra impostora (i.e., Moisés) e a palavra correta (i.e., Noé), parece ser um dos fatores facilitadores da ilusão (Hannon & Daneman, 2001; Park & Reder, 2004; Van Oostendorp & de Mul, 1990). Esta proximidade desencoraja um processamento semântico mais aprofundado, promovendo a correspondência entre a palavra anómala extraída do texto e a palavra correta recuperada da memória (Park & Reder, 2004). De facto, perante a frase “Foram dois os animais de cada espécie que Nixon levou na arca”, os participantes detetam o erro e consideram a frase como falsa (Erickson & Mattson, 1981; Oostendorp & Kok, 1990).

Outro fator importante na promoção da ilusão é o encaixe (*fit*) da palavra anómala no contexto global da frase (Barton & Sanford, 1993; Hannon & Daneman, 2004; Sanford, Leuthold, Bohan, & Sanford, 2011). A palavra “sobreviventes” é menos detetada num contexto de grande encaixe, ainda que impróprio, como “Quando ocorre um acidente de avião onde devem os sobreviventes ser enterrados?”, do que num contexto de pequeno encaixe como “Quando ocorre um acidente de bicicleta onde devem os sobreviventes ser enterrados?” (Barton & Sanford, 1993). Neste seguimento, também um maior número de pistas contextuais na frase que conduzem à ilusão (Hannon & Daneman, 2001) e o posicionamento na palavra anómala no meio da frase (Hannon, 2015) parecem contribuir para um aumento na taxa de ilusões. Finalmente, a forma como a anomalia está inserida na estrutura informacional da frase, i.e., o foco da frase, parece ser determinante para o funcionamento da ilusão (Brédart & Docquier, 1989; Brédart & Modolo, 1988; Sanford et al., 2006). Frases clivadas (*it cleft sentences*), como a frase-exemplo de Moisés, dividem as proposições em duas partes, sendo a primeira parte o foco e a segunda uma pressuposição. O foco é a porção da proposição que mais atenção e, conseqüentemente, mais processamento recebe. Criticamente, o foco contém informação correta acerca do facto descrito (i.e., “Foram

dois os animais de cada espécie”). Já a pressuposição, fora de foco, é processada de uma forma mais superficial, sendo assumida como verdadeira através da geração de inferências de natureza pragmática (Raposo & Marques, 2013). De facto, a taxa de ilusões decresce quando a palavra anómala surge no foco da frase, tal como em “Foi Moisés que levou dois animais de cada espécie na arca”, embora possa não ser completamente eliminada (Brédart & Modolo, 1988).

A proximidade fonológica dos alvos também parece ser promotora de ilusões, verificando-se o mesmo efeito ilusório em substituições como a de “Neil Armstrong” por “Louis Armstrong”, sendo o efeito exacerbado quando se combinam os dois fatores (fonológico e semântico), como na substituição de “Andrew Johnson” por “Lyndon Johnson” (Shafto & Mackay, 2000).

São também reportados efeitos do tipo de instrução, sendo que Van Jaarsveld, Dijkstra e Hermans (1997) obtiveram menos erros decorrentes de ilusões quando a instrução enfatizava a precisão e Marsh e Fazio (2006) verificaram uma menor susceptibilidade à informação distorcida quando esta era apresentada numa condição em que era pedido aos participantes que assinalassem erros. No entanto, Erickson e Mattson (1981) e Reder e Kusbit (1991) reportaram que mesmo quando prevenidos previamente sobre a presença de informação distorcida os participantes mantinham taxas de erro bastante elevadas. De facto, Kamas, Reder e Ayers (1996) verificaram que, neste contexto, o desempenho se tornou enviesado ao erro, pois a taxa de erros ilusões manteve-se constante, enquanto que perguntas sem distorções foram consideradas erradas. Reder e Kusbit (1991) e Barton e Sanford (1993) reportaram ainda que esta taxa de erros se manteve elevada mesmo com tempo ilimitado e auto-determinado de resposta. De modo semelhante, Fazio e Marsh (2008) encontraram uma maior quantidade de erros quando a velocidade de apresentação era mais lenta.

Para melhor compreender a relação entre a capacidade de deteção de erros e processos de monitorização da informação, estudos sobre o efeito da sobrecarga nos recursos cognitivos disponíveis durante o processamento de frases revelam resultados importantes. Concretamente, é verificado um aumento na taxa de de ilusões quando os participantes, a par da leitura e julgamento das frases, tinham de contar repetidamente de 1 a 4 ao som de um metrónomo ou gerar números aleatoriamente (Büttner, 2012), ou quando tinham de memorizar um número de sete algarismos (Mata et al., 2013). Curiosamente, também foram reportados efeitos de suscetibilidade às ilusões semânticas na sequência de aneurismas cerebrais (Kan et al., 2010) e do consumo de

medicamentos ansiolíticos (Izaute, Paire-Ficout & Bacon, 2004), ambas condições que têm efeitos colaterais no funcionamento mnésico, particularmente na ação de processos controlados.

Concomitantemente, têm sido apontados fatores que contribuem para o decréscimo da taxa de ilusões. A leitura de informação correta sobre os factos descritos nas frases com ilusões contribui para atenuar a taxa de erros, embora não os elimine por completo (Reder & Kusbit, 1991). A utilização de efeitos de foco atencional no material apresentado, como a acentuação do tom (*pitch*) em estímulos sonoros (Sanford et al., 2006), ou efeitos tipográficos como a escrita da palavra anómala em maiúsculas (Brédart & Docquier, 1989), em itálico (Sanford et al., 2006) ou numa fonte difícil de ler (Song & Schwarz, 2015) também facilita a deteção das ilusões semânticas.

Diferenças individuais, como a idade, também têm um impacto, sendo que idosos são menos bem-sucedidos a detetar erros nas ilusões que jovens adultos, embora sejam menos suscetíveis a cair em erro quando questionados diretamente acerca dos factos (Umanath, Dolan, & Marsh, 2013). Além disso, a capacidade de raciocínio sobre conhecimento prévio e a capacidade de processar e armazenar informação na memória de trabalho são preditores substanciais da deteção de anomalias em frases (Hannon & Daneman, 2001). Leitores menos proficientes também sucumbem mais facilmente a informação distorcida (Hannon & Daneman, 2004).

A partir deste conjunto de investigação, três teorias explicativas do fenómeno têm sido propostas. A teoria da correspondência parcial de Reder (*partial-matching*; Reder & Kusbit, 1991; Park & Reder, 2004) enquadra-se no domínio da memória, e a sua tese principal é a de que a sobreposição semântica entre a palavra anómala e a palavra correta explicam a ocorrência da ilusão. Barton e Sanford (1993) oferecem uma explicação mais baseada em teorias de processamento linguístico, sugerindo que a ocorrência destas ilusões se deve a um processamento superficial do texto. Por fim, Shafto e Mackay (2000, 2009) propõem a unificação dos fatores de primação fonológica e semântica assente numa rede de representações interconectadas chamada *node structure theory*. Embora todas as teorias expliquem parte dos resultados descritos na literatura, nenhuma consegue acomodar os múltiplos mecanismos cognitivos (Hannon & Daneman, 2001) ou a influência da posição da palavra anómala na frase (Hannon, 2015).

Independentemente da explicação apresentada existe concordância quanto à subtilidade, robustez e prevalência deste fenómeno (Barton & Sanford, 1993; Daneman,

Lennertz, & Hannon, 2007, Park & Reder, 2004). A ação dos vários fatores explicativos “facilitadores” contribui, de uma forma mais automática, para que a informação anômala não seja extensivamente analisada, resultando numa ilusão de verdade. Se ausentes, este efeito não seria encontrado, pelo menos tão extensivamente. Complementarmente, a presença dos fatores referidos como diminuidores da ilusão e, em especial, a ação das capacidades “protetoras” contribuem, de uma forma mais controlada, para o sucesso na detecção dos erros e, conseqüentemente, a não integração do seu significado na restante frase. A detecção da anomalia deve, assim, envolver capacidades controladas como a monitorização e a inibição de uma resposta que, embora intuitiva, é inadequada (Kan et al., 2010, Büttner, 2012, Mata et al., 2013; Raposo & Marques, 2013; mas ver Shafto & Mackay, 2009, para uma visão diferente sobre este assunto).

1.3. Processos controlados nas ilusões semânticas

No quadro da já referida abordagem de processos duais, a detecção de ilusões semânticas e outros tipos de informação distorcida poderá ser entendida como evocadora de processos de natureza mais controlada, deliberada ou analítica, que se traduz num maior recrutamento de recursos e, portanto, num maior esforço cognitivo.

O estudo de Hannon e Daneman (2001) é um dos primeiros a focar-se no impacto de fatores individuais na suscetibilidade a informação distorcida e a analisar a contribuição de diferentes mecanismos cognitivos para a detecção dessa informação. Em específico, foram analisadas a capacidade de aceder e raciocinar sobre conhecimento prévio e a capacidade de processar e armazenar informação na memória de trabalho. A primeira capacidade foi preditora de uma maior detecção de anomalias no que respeita a “resistir” à proximidade semântica entre a palavra errada e a correta, sugerindo que o efeito da palavra impostora se deve a uma incompletude no acesso à memória e processos de comparação decorrentes. A segunda capacidade foi melhor preditora da resistência a pistas contextuais indutoras de erro, pelo que este efeito de contexto se revelou sensível à capacidade de integrar ideias, estando associado a uma análise e integração imperfeitas.

No sentido de explorar o papel do processamento controlado na detecção de ilusões semânticas, Song e Schwarz (2008) manipularam a familiaridade da fonte tipográfica em que o material experimental era apresentado. Baseando-se na premissa

de Park e Reder (2004) de que a maior parte das operações cognitivas se baseia em heurísticas de familiaridade, em detrimento de operações mais extensivas e cuidadas, Song e Schwarz hipotetizaram que uma fonte familiar, ao contribuir para a criação de uma sensação de verdade aparente, será alvo de menor escrutínio, enquanto uma fonte menos familiar poderá desencadear um processamento mais sistemático e, conseqüentemente, a detecção de erros. Os resultados revelaram que, como previsto, ao serem apresentados com uma fonte menos legível os participantes detetam mais ilusões.

Com o mesmo objetivo, Büttner (2007) comparou a prevalência de erros quando o material era apresentado no formato de pergunta *versus* frase declarativa, tendo verificado um maior número de erros no primeiro formato, presumivelmente porque enquanto as frases declarativas só exigem que se avalie a sua veracidade, as perguntas têm, a par deste requerimento, outros adicionais, de natureza sintática e pragmática. Estes processos adicionais podem ser entendidos como representando um aumento na carga cognitiva com impacto em processos controlados como a monitorização ou inibição de respostas erradas. A mesma autora investiga o impacto da adição de tarefas de sobrecarga da memória de trabalho (mais especificamente, do o *loop* fonológico e do executivo central) na verificação de frases na detecção de informação distorcida (2012). Para sobrecarregar o *loop* fonológico foi inserida uma tarefa destinada a impedir a função de ensaio (*rehearsal*), que consistia em contar repetidamente de 1 a 4 ao som de um metrónomo; para sobrecarregar o executivo central foi incluída uma tarefa de geração aleatória de números. Em ambas as condições a autora verificou um aumento no número de ilusões. Os resultados sugerem que ambos são os mecanismos são cruciais para detecção de ilusões.

Partindo da premissa de que as ilusões funcionam porque os participantes optam por um julgamento automático, baseado na impressão geral de verdade transmitida pela frase, em detrimento de um julgamento mais sistemático e aprofundado, Mata e colaboradores (2013) recorreram à tarefa PDP (Processamento de Dissociação de Processos; Jacoby, 1991; Yonelinas & Jacoby, 2012), que separa componentes automáticos e controlados dos processos para analisar esta questão. Especificamente, para analisar a componente controlada, foram criadas condições de sobrecarga cognitiva em que era pedido aos participantes que memorizassem um número de um algarismo (baixa sobrecarga) e um número de sete algarismos (elevada sobrecarga), enquanto desempenhavam a tarefa de verificação de frases. Tal como esperado, a sobrecarga teve um impacto negativo na detecção de erros nas frases, conduzindo a um aumento na taxa

de ilusões. Este decréscimo no desempenho foi interpretado como indicativo de que a sobrecarga afetou os processos controlados na leitura das ilusões, necessários para a sua deteção. Este efeito foi especialmente exacerbado durante a condição de grande sobrecarga, em particular, quando esta surgia no início da tarefa, sugerindo a existência de uma relação entre a quantidade de sobrecarga aplicada e o desempenho na tarefa.

Em complemento com esta investigação em participantes adultos saudáveis, estudos com populações especiais apoiam a ideia da necessidade do envolvimento de processos controlados na deteção de ilusões semânticas. Umanath e colaboradores (2013) reportaram que os idosos sucumbem mais a ilusões semânticas, comparativamente a jovens adultos. Estando a sua capacidade para detetar erros e o seu conhecimento semântico intactos, os resultados são indicativos de que os idosos podem ter dificuldades em inibir respostas prepotentes. Esta explicação insere-se no quadro de teorias cognitivas do envelhecimento que postulam que défices em funções de inibição e de coordenação entre funções (i.e., responder a perguntas, monitorizar e inibir respostas erradas) aumentam ao longo do envelhecimento (Balota, Dolan, & Duchek, 2000; Hasher & Zacks, 1988). Por esta razão, nos idosos fica prejudicada a identificação de uma ilusão, que parece requerer a inibição controlada de uma tendência de resposta mais automática baseada na impressão de verdade criada pela frase.

Kan e colaboradores (2010) aplicaram o paradigma de ilusões semânticas a pacientes de aneurisma na artéria comunicante anterior, ressaltando o papel do sistema executivo frontal e de funções controladas de monitorização na recuperação mnésica, que se encontram prejudicados nesta condição. O paradigma foi escolhido por promover erros que refletem falhas de monitorização de informação recuperada, sendo um desafio para o sistema de monitorização mesmo quando intacto, em pessoas saudáveis. Como esperado os pacientes incorreram mais vezes em ilusão que o grupo de controlo, sendo os resultados interpretados com base no modelo de processo dual de recuperação mnésica (Gilboa & Moscovitch, 2002). Neste modelo, é descrito um componente rápido e associativo, que se guia por processos heurísticos e intuitivos, uma impressão generalizada de que a informação é correta. Esta descrição está de acordo com a ideia de que durante a leitura de frases com ilusões são geradas inferências pragmáticas de forma rápida e intuitiva, que são tanto maiores quanto maior for a sobreposição entre a palavra errada e a palavra correta (Mata et al., 2013; Raposo & Marques, 2013). Para que esta impressão inicial seja rejeitada, é necessário o recrutamento de processos de verificação suplementares, de modo a obter informação adicional que contrarie a forte intuição de

que a informação lida é verdadeira (Kan et al., 2010; Mata et al., 2013; Raposo & Marques, 2013). Esta verificação adicional é levada a cabo por um processo de monitorização secundário lento e sistemático que verifica a análise heurística.

Izaute, Paire-Ficout e Bacon (2004) avaliaram o papel dos mecanismos de memória semântica e episódica na tarefa de verificação de ilusões semânticas, focando-se no ansiolítico *lorazepam* que interfere com o funcionamento destes dois sistemas de memória. Os participantes medicados apresentaram uma maior taxa de erros, demonstrando uma menor sensibilidade ao conflito entre a informação apresentada e a informação em memória, aliado a uma menor mobilização da memória de trabalho e semântica. Mais ainda, sob medicação, os participantes mostraram uma menor tendência para considerar perguntas erradas como distorcidas, sugerindo que o controlo estratégico da memória estava também afetado. Os autores concluem que processos de monitorização (i.e., confiança na resposta) e de controlo (i.e., produção ou abstenção de uma resposta) têm influência na memória, independentemente da força do traço mnésico.

Por fim, estudos recentes de neuroimagem têm contribuído para a clarificação do papel dos processos controlados para o sucesso na deteção de erros em frases (Raposo & Marques, 2013). O processamento de ilusões semânticas, relativamente ao de frases verdadeiras e frases claramente falsas, recrutou no estudo de Raposo e Marques o lobo parietal inferior direito, refletindo processos de inferência e estabelecimento de coerência em textos (Friederici, 2011; Rodd, Davis & Jonhstude, 2005). Criticamente, a correta deteção de erros em ilusões revelou estar associada ao envolvimento da região dorsolateral do córtex pré-frontal direito, fundamental na monitorização de conflito e inibição de resposta (e.g., Botvinick, Cohen & Carter, 2004; Hoenig and Scheef, 2009). De salientar que, não obstante esta diferença significativa nas áreas cerebrais associadas à correta ou incorreta monitorização do erro, os tempos de resposta são semelhantes nas duas condições e superiores aos observados para frases claramente verdadeiras ou falsas. Este último resultado sugere que mesmo quando o erro não é identificado, processos adicionais entram em ação.

Os processos adicionais que poderão estar envolvidos no processamento de frases contendo ilusões semânticas poderão estar relacionados com um maior esforço de estabelecimento de coerência e com uma maior monitorização neste tipo de frases, embora por vezes não seja suficiente para inibir com sucesso uma tendência de resposta. Em linha com esta ideia, estudos recentes de *eyetracker* e de EEG sugerem que os

participantes podem aperceber-se do erro a um nível menos consciente e mais tardiamente. Nomeadamente, verificou-se um abrandamento na leitura da palavra crítica, que sugere uma deteção tardia (Hannon, 2015). Adicionalmente, a presença do potencial P600 durante o processamento de informação anómala reflete uma maior dificuldade de integração e o envolvimento de mecanismos de monitorização (Nieuwland & Berkum, 2005; Sanford et al., 2011). Por outro lado, encontrou-se uma maior negatividade na janela temporal do N400, elicitada numa fase mais tardia da leitura da frase, tanto para anomalias subtis detetadas como não detetadas (Bohan et al., 2012). Este potencial reflete o nível de (in)adequabilidade de uma palavra ao contexto frásico, sugerindo que a incompatibilidade entre a palavra anómala e a restante frase é detetada pelo cérebro, independentemente da precisão da resposta comportamental do participante. Este trabalho desafia o de Sanford e colaboradores (2011) que não encontrou evidências para este potencial em anomalias subtis, mesmo quando estas eram detetadas na fase de resposta, mas apenas em frases com anomalias manifestas, muito fáceis de detetar (ver Brouwer, Fitz, & Hoeks, 2006, para uma revisão)

Sumarizando, ao processar informação anómala subtil como as ilusões semânticas, as pessoas parecem basear-se na impressão geral de verdade transmitida pela frase, gerando inferências e realizando uma análise mais superficial e incompleta da frase. Para que a anomalia seja detetada têm que ser recrutados processos mais controlados de monitorização e mesmo de inibição, de forma a contrariar uma resposta intuitiva baseada numa análise incompleta. Estudos comportamentais, eletrofisiológicos e neuroimagiológicos com participantes saudáveis, de diferentes idades, doentes ou temporária e seletivamente incapacitados apoiam esta proposta. Adicionalmente, algumas investigações indicam que poderá haver uma deteção implícita e menos consciente das anomalias, nos casos em que estas não são reportadas. Assim, é possível que os processos que conduzem à deteção de erros possam estar em curso, mesmo aquando de uma resposta comportamental incorreta, embora em menor grau ou força.

Para explorar melhor esta ideia é relevante conhecer uma linha de estudos eletrofisiológicos dedicada à monitorização e deteção de erros que demonstra que um potencial relacionado com a monitorização e verificação de respostas pode não requerer consciência por parte do participante. Este tema será explorado de seguida.

1.4. O estudo eletrofisiológico da monitorização de erros

O estudo do erro foi, durante muito tempo, negligenciado, quer por motivos teóricos (e.g., escassez de teorias sobre mecanismos de erro) quer por motivos metodológicos (e.g., grande variação na taxa de erros entre participantes) (Falkenstein et al., 2000). Todavia, o estudo do erro é de grande relevância para a compreensão de processos cognitivos executivos (e.g., monitorização, inibição, tomada de decisão), das condições em que estes processos falham, e do papel que desempenham em condições normais. Como foi já referido, a prevalência de erros na ação humana poderá ter favorecido o desenvolvimento de mecanismos de monitorização e otimização da mesma. Mas a falta de uma investigação mais sistemática sobre este assunto (ver Rabbitt, 1967, para uma exceção) dificultou a aquisição de um conhecimento mais aprofundado. O conceito de monitorização do erro é, todavia, encontrado de forma mais ou menos explícita em diversos domínios como teorias de ação, aprendizagem, fala, consciência e sistemas de controlo executivo (cf., Gehring et al., 1993).

No início dos anos 90 do século XX dois grupos independentes de investigação descobriram um potencial eletrofisiológico que surge após respostas erradas, sendo batizado de *ERN* (*error-related negativity*) pelo grupo de Illinois (Gehring et al., 1990) e de *Ne* (*error negativity*) pelo grupo de Dortmund (Falkenstein et al., 1990).

O *Ne* é um potencial de resposta (*response-locked*) de deflexão negativa com uma distribuição fronto-central. É um potencial muito precoce, tendo início um pouco antes da resposta e atingindo o seu pico geralmente entre os 50 e os 80 ms depois da resposta, embora a sua latência seja bastante variável e, por isso, normalmente definida entre os 0 e os 150 milissegundos (Falkenstein et al., 2000; Nieuwenhuis et al., 2001; Vidal et al., 2000). As tarefas de eleição para o estudo deste potencial têm sido tarefas rápidas, com tempo de resposta limitado e com uma taxa de erros considerável como o *Go/No-Go* e o teste de Flanker.

Inicialmente este potencial foi interpretado como um índice de deteção de erro pelos dois grupos de investigação. O grupo de Falkenstein, particularmente, interpretou-o como um correlato da deteção de erro com base nas representações de resposta, que seria elicitado quando a representação neuronal da resposta dada (incorreta) era comparada com a representação da resposta requerida (correta) e conseqüentemente era detetada a falta de correspondência (*mismatch*).

Outras hipóteses explicativas foram também avançadas. Falkenstein e colaboradores (2000) testaram a possibilidade de este potencial ser um reflexo da correção de erro, mas o seu aparecimento em ensaios em que não é possível corrigir um

erro (e.g., falsos alarmes) parece colocar de lado esta hipótese. Kopp e colaboradores (1996) avançaram a hipótese de que o *Ne* refletiria uma tentativa de inibição de uma resposta errada, hipotetizando que um maior *Ne* seria acompanhado de uma “menor força de erro” (medido através de eletromiografia; EMG), refletindo essa inibição. Os resultados encontrados na maior parte dos estudos apontam, todavia, no sentido oposto, com uma maior força de erro associada a um maior *Ne* (Kopp et al., 1996; Scheffers et al., 1996). Carter e colaboradores (1998) e Botvinick e colaboradores (2004) defenderam que o *Ne* deveria refletir detecção de conflito, mas o facto de a sua amplitude não diferir significativamente de tamanho em tarefas de alto (e.g., teste de Flanker) e baixo conflito (e.g., 4-AFC) e do potencial lateralizado de preparação (*lateralized readiness potential - LRP*) não indicar a presença de conflito parecem contrariar esta hipótese (Burle, Roger, Allain, Vidal, & Hasbroucq, 2008). A presença de uma onda semelhante ao *Ne* em ensaios corretos veio colocar problemas à interpretação do potencial como correlato da detecção de erro (Falkenstein et al., 2000; Vidal et al., 2000; Vidal, Grapperon, Hasbroucq & Bonnet, 2003) (ver Figura 1). Esta onda, de amplitude mais reduzida mas com uma distribuição topográfica semelhante, é muitas vezes referida como *CRN* (*correct-related negativity*). Perante isto, foi avançado que o *Ne* poderá não espelhar o resultado da comparação (i.e., detecção do erro), mas antes o processo contínuo de verificação da resposta ou mesmo uma junção deste processo e de uma sinalização adicional de que é provável que um erro tenha sido cometido (Falkenstein et al., 2000; Nieuwenhuis et al., 2001; Vidal et al., 2000), um processo de natureza emocional (Gehring & Knight, 2000; Luu et al., 2004; Vidal et al., 2000) ou como estando envolvido numa aprendizagem por reforço (Holroyd & Coles, 2002; Holroyd et al., 2005).

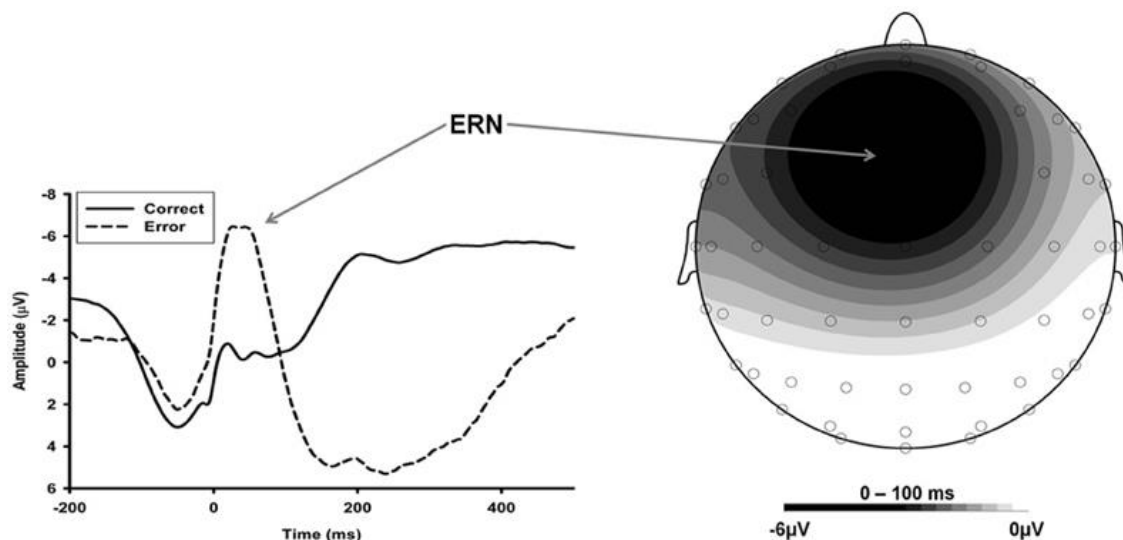


Figura 1: Ilustração das ondas *Ne* (*error-related negativity*, traço contínuo) e *CRN* (*correct-related negativity*, a tracejado) e mapa de voltagem numa tarefa de Flanker (Retirado de Moser e colaboradores, 2013, p. 2)

A interpretação mais comumente adoptada relaciona o *Ne* com um processo de monitorização precoce que reflete uma avaliação contínua e processos de comparação, sendo particularmente sensível à deteção de erros. Esta interpretação conjuga-se bem com a hipótese de conflito para a monitorização de erros de perceção no domínio linguístico que postula que, se existe um conflito ou uma falta de correspondência entre duas interpretações (neste caso, a resposta correta pretendida e a resposta errada dada), a possibilidade de erro é sinalizada e é desencadeado um processo de monitorização para avaliar esta possibilidade (Van Herten et al., 2006; ver Figura 2). É interessante notar que esta explicação está em linha com a proposta de Park e Reder (2004) para a ocorrência de ilusões semânticas, que as discute em termos de heurísticas de familiaridade e operações controladas e sistemáticas, explicando a deteção de distorções num processo de dois passos. No primeiro, é necessário que se sinalize um potencial *mismatch* na frase, que será cuidadosamente inspecionado no segundo passo. Embora as autoras não discutam esta possibilidade, é possível que esta incompatibilidade de representações seja sinalizada por um sistema de monitorização sem que o segundo passo consiga ser eficazmente concretizado e, por conseguinte, o erro não seja detetado a tempo de dar a resposta correta. Neste casos, o processo mais intuitivo e rápido de inferência sobrepõe-se a um processo controlado mais lento e sistemático.

Adicionalmente, é sugerido por muitos estudos que o *Ne* não requer consciência de que um erro foi cometido (Hughes & Yeung, 2011; Nieuwenhuis et al., 2001; Orr & Carrasco, 2011; Pavone, Marzi & Girelli, 2009; Shalgi & Deouell, 2012), embora Shalgi e Douell reportem o nível de confiança do participante como um fator modelador deste efeito, demonstrando que quando o participante revelava uma grande confiança na sua resposta a amplitude do *Ne* era significativamente menos pronunciada e comparável à amplitude mais reduzida do *CRN*.

Tem vindo a ser sugerido que o *Ne* tenha um contraponto eletrofisiológico na monitorização de respostas em geral. Assim, o *CRN* e o *Ne* poderão refletir duas vertentes combinadas de um mesmo componente de comparação de resposta, em que o *Ne* traduz um processo sensível ao erro e o *CRN* um processo de monitorização de resposta independente do resultado da resposta (Endrass, Klawohn, Gruetzmann, Ischebeck & Kathmann, 2012; Horowitz-Krauz & Breznitz, 2008; Roger et al., 2010; Vidal et al., 2003; Wessel, 2012).

Em termos de origem do sinal, vários estudos neuroimagiológicos (Carter et al., 1998; Debener et al., 2005; Ford, Whitfield & Mathalon, 2004; Holroyd, Nieuwenhuis, Mars & Coles, 2004; Ito, Stuphorn, Brown & Schall, 2003), de lesão cerebral (Stemmer, Segalowitz, Witzke, & Schönle, 2004) e de modelos de localização de dipolos (Dehaene, Posner & Tucker, 1994) têm apontado o córtex anterior cingulado (CAA) como a região onde o *Ne* terá origem, embora regiões do córtex pré-frontal (CPF) sejam também referidas (Edwards, Calhoun & Kiehl, 2011; Hester, Foxe, Molholm, Shpaner & Garavan, 2005; Roche, Garavan, Foxe & O'Mara, 2005).

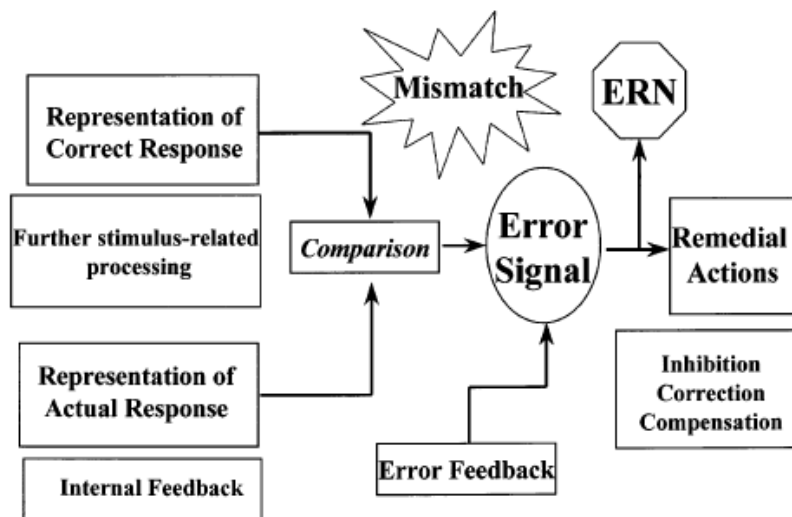


Figura 2: Diagrama esquemático ilustrativo da teoria do *Ne* ancorada na detecção de um *mismatch* entre a resposta pretendida e a resposta dada. A detecção da discrepância por parte de processos executivos de monitorização entre estas representações origina o potencial *Ne* (Retirado de Gehring, Liu, Orr & Carp, 2012, p. 242)

O estudo eletrofisiológico da monitorização de erros na linguagem. Conforme referido anteriormente, os estudos sobre processos de monitorização na linguagem, incluindo estudos com paradigmas próximos ao das ilusões semânticas, não têm focado potenciais de detecção de erro, mas antes tendem a focar-se no processamento *online* do material recorrendo a potenciais linguísticos como o N400 e o P600 (e.g., Nieuwland & Berkum, 2005; Sanford et al., 2011; Van Herten et al., 2006). Todavia, alguns estudos, referidos na secção 1.1., investigaram processos de monitorização em material linguístico analisando potenciais de resposta.

Investigações com populações disléxicas têm-se centrado no objetivo de explorar processos de monitorização na leitura, recorrendo, sobretudo, a tarefas de decisão lexical. Estes estudos revelam que a amplitude do *Ne* é mais reduzida em leitores mais novos (relativamente a leitores mais velhos; Horowitz-Kraus, 2011) e também em leitores disléxicos (relativamente a leitores normativos; Horowitz-Kraus & Breznitz, 2008, 2011). Estes resultados sugerem que o *Ne* reflete um sistema de monitorização sensível a diferenças maturacionais e de desenvolvimento.

Recorrendo também a tarefas de decisão lexical, Harris e colaboradores (2013) observaram que a amplitude do *Ne*, numa tarefa de julgamento ortográfico, era maior

em leitores detentores de um melhor conhecimento ortográfico, indicando que a qualidade da representação lexical tem impacto na magnitude do componente. Sebastian-Gallés e colaboradores (2006) reportam a observação do *Ne* no domínio auditivo, numa tarefa de decisão lexical realizada por falantes bilíngues e por falantes dominantes de apenas uma língua. Os autores encontram diferenças na amplitude do *Ne* e do *CRN* entre os diferentes tipos de falante, indicando que o sistema de monitorização e a sua eficácia são moldados pela aprendizagem e domínio linguístico e permeáveis a diferenças entre falantes e mesmo entre línguas num mesmo falante. Por fim, Ganushchak e Schiller (2006) observaram este potencial no domínio verbal, em tarefas de monitorização fonémica, o que é sugestivo de que o sistema de monitorização verbal é comparável a outros tipos de monitorização do desempenho, nomeadamente o da ação, onde é o *Ne* é tão prolífero.

Em conjunto, estes resultados sugerem que o sistema de monitorização refletido pelo *Ne* é sensível a diferentes aspetos relevantes para o processamento linguístico e que os seus mecanismos fundamentais não serão específicos de um domínio particular como o da ação, sendo antes comuns a diferentes domínios de monitorização.

A par de medidas eletrofisiológicas, existe uma investigação extensa com dados e tarefas comportamentais que examinam processos controlados, independentemente do processamento linguístico. Apesar destes processos executivos e controlados não serem específicos de domínio, poderão relacionar-se com o processamento linguístico. Por essa razão, será revista literatura a respeito do estudo de processos de monitorização e inibição de tendências de resposta.

1.5. Monitorização e inibição de tendências de resposta em tarefas comportamentais

O processamento da linguagem e, para os propósitos deste trabalho, das ilusões semânticas, envolve processos controlados ou funções executivas. Estas desempenham um papel central no planeamento e execução de ações, conferindo flexibilidade ao comportamento humano e garantido a monitorização e atualização contínuas do comportamento num ambiente em constante mudança, visando a otimização do desempenho. Esta otimização implica a seleção de ações adequadas e, naturalmente, a inibição de ações menos adequadas, que interferem com os objetivos do agente. Dois

destes processos controlados são particularmente relevantes: monitorização e inibição. O processo de monitorização é imprescindível para a avaliação sistemática da informação apresentada, permitindo a deteção de anomalias (Orr & Carrasco, 2011; Simões-Franklin et al., 2010; Vissers et al., 2006) No entanto, quando estas são subtis, é plausível que haja uma tendência, relativamente impulsiva, para dar uma resposta errada, pelo que poderá ser necessário recrutar um processo de inibição de tendências de resposta (Mata et al., 2013; Raposo & Marques, 2013; Strough, Karns & Schlosnagle, 2011). Para que um processo de inibição de resposta ocorra é naturalmente necessário que um processo de monitorização o acompanhe, pois a avaliação da adequação de uma resposta (neste caso, da perceção de que uma tendência de resposta está incorreta e deve ser inibida para implementação da resposta certa), dependente da análise atenta e sistemática da informação que está a ser processada (Chatham et al., 2012). É importante notar que, sendo emitida uma resposta, os processos de monitorização atuam subsequentemente ao nível da avaliação do desempenho (Kaufman, Ross, Stein & Garavan, 2003). Pelo contrário, é possível que processos de monitorização estejam em curso sem que um processo de inibição de resposta seja recrutado. O processo de inibição pode não se revelar adequado ou mesmo necessário para a tarefa vigente, mas também se pode dar o caso de o processo de inibição ser relevante mas o nível de monitorização não ser suficientemente elevado para que o processo seja eficazmente recrutado (De Neys & Franssens, 2009). Esta ideia de que as funções executivas representam grupos de capacidades diferenciadas mas mantêm importantes relações entre si está de acordo com modelo de funções executivas proposto por Miyake e colaboradores (2000).

Do ponto de vista experimental, a capacidade de inibição de resposta é geralmente avaliada através de manipulações de *Stroop* (Stroop, 1935), anti-sacadas (Hallett, 1978), *stop-signal* (Logan, 1994) e *Go/No-Go* (Donders, 1868/1969). Em particular, a tarefa *Go/No-Go* é uma tarefa clássica que avalia o nível de controlo inibitório, i.e., a capacidade de inibir uma tendência de resposta inadequada ou indesejada. Nesta tarefa os participantes são expostos a diferentes estímulos, sendo que ao verem determinado estímulo (*Go*) devem dar uma resposta e ao verem outro (*No-Go*) devem abster-se de dar uma resposta. Para que processos inibitórios entrem em jogo é necessário que se crie uma tendência de resposta relativamente automática, para que os participantes se sintam compelidos a responder (erradamente) e recrutem processos inibitórios destinados à supressão da resposta errada. A tarefa é, por isso, muito rápida e

inclui uma maior proporção de ensaios *Go* do que *No-Go* precisamente para induzir a tendência para responder. Produz geralmente uma taxa considerável de erros, exigindo uma monitorização contínua e eficaz do material e do desempenho. Os erros podem ser erros de comissão (i.e., resposta a um estímulo *No-Go*), refletindo falhas no controlo inibitório, e erros de omissão (i.e., ausência de resposta a um estímulo *Go*), que revelam falta de atenção ou uma estratégia predominantemente inibitória (Brocki & Bohlin, 2004). Estas características tornam o *Go/No-Go* uma tarefa de excelência para a linha de investigação do *Ne*, sendo frequentemente utilizado em diversos domínios (e.g., Bates, Kiehl, Laurens & Liddle 2002; Brázdil et al., 2005; Falkenstein et al., 1996, 2000; Ganushchak & Schiller, 2006; Kiehl et al., 2000; Kim, Iwaki, Imashioya, Uno, & Fujita, 2007; Mathalon, Whitfield & Ford, 2003; Nieuwenhuis, Yeung, van den Wildenberg & Ridderinkhof, 2003), sendo o *Ne* sistematicamente observado após erros de comissão.

Relativamente à capacidade de monitorização, não parece existir uma tarefa especificamente vocacionada para a sua avaliação. Existem várias tarefas que avaliam diversas capacidades da memória de trabalho, onde se inclui a capacidade de monitorização, atualização, manutenção e manipulação da informação em memória, como a tarefa *keep track* (Yntema, 1963), *letter memory* (Morris & Jones, 1990), monitorização de tom (Miyake et al., 2000) e *n-back* (Gevins & Cutillo, 1993). Especificamente, na tarefa *n-back* os participantes devem monitorizar estímulos apresentados consecutivamente (e.g., letras) e dar uma resposta (e.g., carregando numa tecla) sempre que o estímulo apresentado for igual a um estímulo apresentado *n* ensaios antes. Este *n* varia geralmente entre 0 e 3, sendo que a um maior *n* corresponderá uma maior exigência nos processos da memória de trabalho. As manipulações desta tarefa podem conter vários tipos de estímulos provindos de diferentes modalidades (e.g., visual, auditiva, olfativa) (ver Owen, McMillan, Laird & Bullmore, 2005, para uma metanálise). Embora esta tarefa não avalie isolada e especificamente a capacidade de monitorização, as condições menos exigentes (i.e., $n=0$ e $n=1$) implicam uma monitorização contínua de um determinado estímulo ou estímulos subsequentes, ao mesmo tempo que envolvem baixos recursos mnésicos, já que o número de ensaios a reter em memória de trabalho é baixo.

Assim, a tarefa *Go/No-Go* e a tarefa *n-back* configuram-se como duas tarefas apropriadas para explorar as capacidades de inibição e monitorização, respetivamente, independentemente do processamento de linguagem, permitindo explorar em que grau

diferenças individuais nestas capacidades gerais predizem o desempenho linguístico, nomeadamente no processamento de ilusões semânticas.

1.6. O presente trabalho: objetivos, hipóteses e enquadramento na Ciência Cognitiva

Este trabalho inicia-se sob a premissa de que somos frequentemente expostos a informação que contém erros, muitas vezes subtis e de difícil deteção, acrescentando o facto do próprio desempenho humano ser permeável a erros. Um dos motivos para esta permeabilidade prende-se com o facto de muitas vezes a nossa ação se sustentar em processos rápidos que realizam análises mais superficiais e podem conduzir a respostas mais impulsivas e menos precisas. Esta falibilidade terá influenciado o desenvolvimento de mecanismos de processamento mais controlados que permitem realizar um conjunto de comportamentos preventores, sinalizadores e reparadores, embora acarretem também um maior custo de processamento. Comparativamente a outros tópicos, a investigação dos processos controlados no processamento linguístico é uma questão pouco explorada.

Neste trabalho pretende-se investigar como é que processos controlados, particularmente a monitorização e a inibição de resposta, se desenrolam no processamento de frases. A abordagem utilizada combina o conhecido fenómeno das ilusões semânticas, cujo processamento representa um desafio até para sistemas de monitorização intatos (Kan et al., 2010), com a recolha de dados comportamentais e eletrofisiológicos, que informam sobre as bases cognitivas e fisiológicas subjacentes a estes processos. Pretende-se investigar os processos de monitorização e inibição envolvidos quando erros semânticos subtis são detetados, assim como a monitorização potencialmente em curso quando esses erros não são detetados comportamentalmente mas podem, ainda assim, gerar diferenças eletrofisiológicas a diferentes níveis de consciência, permitindo compreender melhor o que acontece nesses casos de aparente não-deteção. Neste sentido, o recurso ao registo eletrofisiológico reúne vantagens relativamente a outros métodos já utilizados para estudar este fenómeno. Permite acrescentar um registo que fornece informações para lá daquelas fornecidas a nível exclusivamente comportamental (e.g., Mata et al., 2013) ou mesmo de registo do movimento ocular (e.g., Daneman et al., 2007). Mais ainda, permite acompanhar o desenrolar de processos com grande resolução temporal, ultrapassando limitações a este

nível de estudos imagiológicos (e.g., Raposo & Marques, 2013). Finalmente, permite analisar diferenças não apenas antes e durante (e.g., Sanford et al., 2011) como também depois da produção de uma resposta.

O presente estudo incluirá também comparações com outras tarefas comportamentais, nomeadamente a tarefa *Go/No-Go* e *n-back*, permitindo explorar potenciais relações entre a capacidade de monitorização e inibição de resposta no processamento de ilusões semânticas e capacidades gerais.

A presente investigação tem assim três objetivos principais. Primeiro, pretende-se investigar como é que o cérebro lida com informação anómala subtil, explorando até que ponto o processamento de ilusões semânticas recruta processos de monitorização. Partindo de evidências de que os tempos de resposta associados a este tipo de frase são superiores relativamente a frases sem ilusões (Raposo & Marques, 2013), e que a sobrecarga cognitiva que interfere com a ação de processos controlados prejudica o desempenho dos participantes (e.g., Büttner, 2012; Mata et al., 2013), pretende-se analisar se as frases com ilusão semântica impõem maiores exigências de processamento ao nível da monitorização e da verificação de resposta. Para concretizar este objetivo será adotada uma tarefa de verificação nos moldes das descritas na literatura sobre ilusões semânticas, particularmente do estudo de Raposo e Marques (2013), onde frases com ilusões semânticas, frases verdadeiras e frases claramente falsas são apresentadas para participantes avaliarem a veracidade das mesmas. Para além da recolha de medidas comportamentais de precisão e de tempo de resposta (TR), será registada a atividade eletrofisiológica através de EEG. A análise da amplitude do potencial *Ne* em frases com ilusão semântica relativamente a frases verdadeiras e claramente falsas permitirá analisar o envolvimento de processos de monitorização neste tipo de frases. A sua observação indica que o processo de verificação de resposta foi particularmente desafiante e que, portanto, processos precoces de monitorização estiveram envolvidos no processamento do material.

O segundo objetivo é o de clarificar se, quando os participantes são “vítimas” de uma ilusão semântica, apresentam algum nível de consciência de que um erro foi cometido. Não é claro se a incapacidade de detetar erros nas ilusões se deve à ausência de processos de monitorização ou se, embora estes processos sejam recrutados, não o sejam com a devida força ou rapidez relativamente a processos mais automáticos. Neste último caso, o erro deve-se não a uma falha total de monitorização, mas a uma falha de inibição da resposta prepotente. Dados de neuroimagem revelam uma maior ativação

parietal associada ao processamento de ilusões semânticas e de uma maior ativação pré-frontal associada à detecção das ilusões (Raposo & Marques, 2013). Concomitantemente, existem evidências de maiores tempos de leitura associados às palavras que se seguem a uma anomalia (Hannon, 2015) e de um N400 tardio mesmo quando as anomalias não são comportamentalmente detetadas (Bohan et al., 2012). Este conjunto de dados sugere uma detecção não-consciente de anomalias. No entanto, evidências mais diretas para uma monitorização das respostas, mesmo quando a inibição falha, são necessárias. A análise da amplitude do potencial *Ne* após respostas erradas a ilusões semânticas ajudará a esclarecer esta questão, pois fornece uma medida mais direta e temporalmente precisa de que o sistema de monitorização detetou um problema com a resposta dada.

Por fim, o terceiro objetivo consiste em explorar a relação entre a capacidade de detecção das ilusões semânticas e capacidades gerais de monitorização e de inibição de resposta, de forma a avaliar a natureza dos processos envolvidos na detecção de uma anomalia e potenciais diferenças individuais na capacidade para detetar ilusões. Partindo de evidências de que a detecção bem-sucedida de uma ilusão implica uma mobilização eficaz de processos de monitorização e de inibição de uma tendência de resposta errada (e.g., Büttner, 2012; Kan et al., 2010; Mata et al., 2013; Raposo & Marques, 2013), a comparação do desempenho na tarefa de verificação de frases com o desempenho em tarefas que avaliam capacidades gerais de monitorização e de inibição de resposta (i.e., *n-back* e *Go/No-Go*, respetivamente) pode contribuir para perceber se e como os processos controlados envolvidos na verificação de ilusões se relacionam com capacidades gerais de monitorização e inibição. Esta comparação será efetuada através da análise de correlação do desempenho entre tarefas.

No que concerne a tarefa principal de verificação de frases, em consonância com estudos anteriores, se a anomalia contida nas frases de ilusão semântica é de difícil detecção e a aparência de verdade que essas frases transmitem cria uma tendência para responder erradamente, então será de esperar mais respostas incorretas às frases que contêm ilusões semânticas, relativamente a frases verdadeiras, onde não existe erro, e frases claramente falsas, em que o erro é de fácil detecção, não se esperando uma diferença significativa entre estas últimas. Em termos de tempo de resposta, se as frases com ilusão semântica representam um maior desafio em termos de processamento, recrutando processos controlados mais exigentes relativamente a outras frases, será de esperar TR mais longos às ilusões, independentemente da resposta final estar correta ou

incorreta, relativamente aos outros tipos de frase. Não se espera encontrar diferenças significativas nos TR entre frases verdadeiras e claramente falsas.

A par dos dados comportamentais, prevê-se que os dados eletrofisiológicos revelem uma maior mobilização de processos controlados na verificação da resposta em frases com ilusão semântica. Se a amplitude do *Ne* é maior em casos em que é cometido um erro, quer exista consciência ou não do mesmo, então ela deverá ser maior após respostas incorretas a frases com ilusão semântica, relativamente à amplitude do potencial que traduz a monitorização de respostas em geral, i.e., à amplitude do *CRN* elicitado por outros tipos de frase. Não se esperam encontrar diferenças significativas na amplitude do *CRN* entre respostas corretas a frases verdadeiras e frases claramente falsas.

Por fim, no que concerne os dados correlacionais, se a deteção bem-sucedida de ilusões envolve processos de monitorização e de inibição de uma tendência de resposta, então prevê-se uma correlação positiva entre o desempenho na tarefa de verificação de ilusões e o desempenho nas tarefas *n-back* e *Go/No-Go*, respetivamente.

Este trabalho insere-se na área da Ciência Cognitiva, particularmente na interseção entre Psicologia Cognitiva, Neurociência e Psicolinguística. Recorrendo a paradigmas experimentais robustos e rigorosos da Psicologia Cognitiva (i.e., ilusões semânticas, *Go/No-Go* e *n-back*), pretende-se explorar os processos cognitivos e eletrofisiológicos de controlo subjacentes ao processamento linguístico. Espera-se assim contribuir para uma melhor compreensão da ação de processos cognitivos controlados no processamento linguístico e de como estes processos se relacionam entre si.

2. Método

2.1. Participantes

Participaram neste estudo trinta e três jovens adultos, com idades entre os 18 e os 27 anos ($M = 20.8$; $DP = 2.8$), estudantes universitários de diferentes faculdades de Lisboa. Todos os participantes eram saudáveis, não apresentando nenhuma disfunção neurológica ou traumatismo craniano prévio e tendo visão normal ou corrigida, e falantes nativos do Português Europeu. Vinte e cinco participantes eram do sexo feminino e três eram esquerditos. A participação tinha um carácter voluntário. Como

compensação pelo tempo despendido, os participantes receberam uma bonificação sob a forma de créditos académicos numa unidade curricular, ou um cheque-prenda no valor de 5€. Todos os participantes deram um consentimento informado.

2.2. Material

O estudo foi composto por quatro tarefas, apresentadas pela seguinte ordem: uma tarefa de verificação de frases baseada no paradigma de ilusões semânticas (Erickson & Mattson, 1981; Raposo & Marques, 2013), uma tarefa de controlo executivo e inibição de resposta (*Go/No-Go*; Brocki & Bohlin, 2004, Donders, 1868/1969), uma tarefa de memória de trabalho (*n-back*; Gevins & Cutillo, 1993, Owen et al., 2005) e um teste de conhecimento sobre os factos descritos na tarefa de verificação.

2.2.1. Tarefa principal de verificação de frases

Foram utilizadas 150 frases, 50 das quais eram claramente falsas, 50 claramente verdadeiras e 50 subtilmente falsas, i.e., continham uma ilusão semântica. Algumas frases foram retiradas da literatura (e.g., Bottoms et al., 2010; Büttner, 2007; Raposo & Marques, 2013) e outras foram construídas originalmente para a experiência (consultar Anexo A para ver todas as frases utilizadas). Todas as frases descreviam factos de conhecimento geral, incluindo temas como geografia, história, literatura, comemorações, desenhos animados, contos populares e natureza.

As frases verdadeiras continham informação plausível e correta (e.g., É na lenda do Rei Artur que conhecemos o mago Merlin), frases claramente falsas continham um erro altamente implausível e facilmente detetado (e.g., É nos Lusíadas que se conta a descoberta do caminho marítimo para Marte), e frases de ilusão semântica continham uma referência errónea mais difícil de detetar (e.g., É no Santo António de Lisboa que se compram manjericos e se comem carapaus). Embora os erros surjam sempre na parte não-focada das frases, no caso das ilusões semânticas a anomalia (i.e., carapaus) é difícil de identificar devido à elevada proximidade semântica com a palavra correta (i.e., sardinhas). Pelo contrário, nas frases claramente falsas, a palavra errada (i.e., Marte) é semanticamente distante da palavra correta (i.e., Índia).

Foram criados tercetos onde cada ilusão semântica foi emparelhada com uma frase claramente falsa e uma frase claramente verdadeira com um número similar de

palavras, estrutura frásica, tema e, para as frases falsas (claramente falsas e contendo ilusões semânticas), posição da palavra anômala (ver Anexo A). A condução de uma Análise de Variância (ANOVA) confirmou a inexistência de diferenças significativas entre tipos de frase nos parâmetros descritos ($p > 0.05$ em todos os casos).

As 150 frases foram selecionadas a partir de um conjunto total de 436 frases que foram pré-testadas num estudo piloto com 43 participantes (que não fizeram parte do estudo principal). O objetivo do pré-teste foi o de escolher o material mais adequado, tendo como base critérios de estudos prévios (e.g., Erickson & Mattson, 1981; Hannon & Daneman, 2001; Kan et al., 2000). Em particular, frases com ilusões semânticas apresentam baixos valores de precisão na tarefa de verificação (abaixo dos 60% de deteção), assegurando que a ilusão funciona como tal, mas valores elevados de resposta correta no teste de conhecimento final (acima de 70% de respostas corretas), garantindo que os participantes detêm o conhecimento correto dos factos (ver secção 2.1.4. para mais detalhes sobre a tarefa de conhecimento).

2.2.2. Tarefa complementar Go/No-Go

Nesta tarefa foram replicados os materiais utilizados por Brocki e Bohlin (2004), tendo sido criados 100 itens com 5 imagens diferentes. Dos 100 itens, 75 (75%) eram estímulos *Go*, aos quais deve ser dada uma resposta, e 25 (25%) estímulos *No-Go*, aos quais o participante se deve abster de responder. Este desequilíbrio no número de estímulos tem como objetivo promover uma tendência de resposta. Das 5 imagens, 4 eram estímulos *Go* e 1 era estímulo *No-Go* (ver Figura 3).

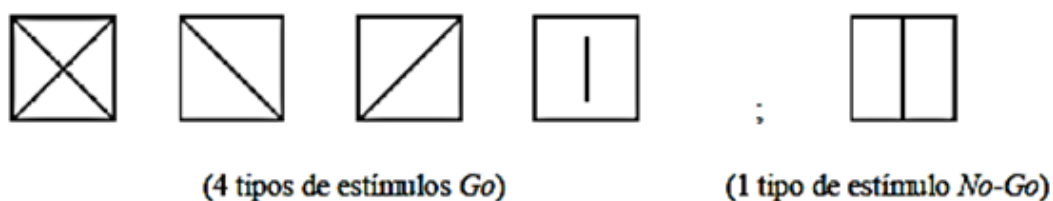


Figura 3: Ilustração dos estímulos utilizados na tarefa *Go/No-Go*, construídos a partir da descrição de Brocki & Bohlin (2004, p. 579)

2.2.3. Tarefa complementar *n-back*

Em concordância com estudos anteriores (Owen et al., 2005) foram utilizadas letras do alfabeto latino como estímulos, sendo aplicados apenas os blocos *0-back* e 1-

back por melhor se adequarem aos propósitos deste estudo. A tarefa foi construída de acordo com sugestões da literatura (Han, Liu, Zhang, Jin & Lu, 2013; Owen et al., 2005). Na condição de *0-back* o participante tem de carregar numa tecla sempre que os estímulos apresentados correspondem à letra alvo. Esta tarefa não requer a manipulação de informação em memória de trabalho, requerendo apenas a monitorização contínua da sequência de estímulos para realizar a correspondência. Na condição *1-back* o participante deve dar uma resposta se o item apresentado for igual ao item imediatamente precedente. Aqui é necessário fazer uma atualização regular da memória de trabalho a cada estímulo que aparece e mantê-lo em memória até ao aparecimento do seguinte, ainda que as exigências para a memória de trabalho sejam mínimas.

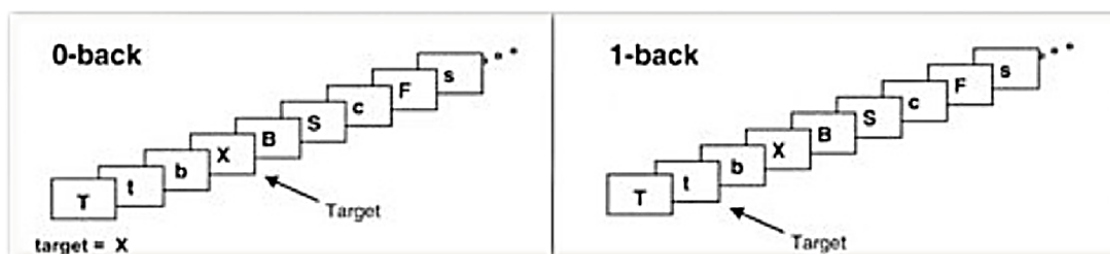


Figura 4: Ilustração de um procedimento típico da tarefa *n-back* (Retirado de <http://mikeclaffey.com/psyc2/notes-cog-exec-func.html>)

2.2.4. Teste de conhecimento

As 50 frases que continham uma ilusão semântica na tarefa de verificação foram novamente apresentadas, desta vez sob a forma de pergunta (e.g., Que peixe se costuma comer no Santo António de Lisboa?). As respostas foram apresentadas em formato de escolha-múltipla com quatro opções que incluíam: a palavra anómala utilizada na tarefa principal de verificação (e.g., carapaus), a palavra correta (e.g., sardinhas) e palavras distratoras semanticamente relacionadas (e.g., fanecas; douradas) (ver lista completa das perguntas utilizadas no Anexo B).

O objetivo deste teste de conhecimento é o de averiguar o conhecimento dos participantes sobre os factos descritos nas frases de ilusão. Este teste serve assim para confirmar que os erros na tarefa de verificação se deveram a uma ilusão semântica temporária, e não a falta de conhecimento dos participantes acerca dos factos descritos.

Todas as instruções e materiais foram apresentados em Português Europeu.

2.3. Plano experimental

A tarefa de verificação de frases foi construída com um desenho experimental 3 (ilusões semânticas, frases claramente falsas, frases verdadeiras) x 2 (resposta correta, resposta incorreta), tendo como variáveis dependentes a precisão da resposta e o TR (comportamentais) e a amplitude do potencial *Ne* (eletrofisiológica).

Na tarefa *Go/No-Go* recorreu-se a um desenho experimental 2 (estímulo *Go*, estímulo *No-Go*) x 2 (resposta correta, resposta incorreta), sendo avaliada a precisão (comportamental) e a amplitude do *Ne* (eletrofisiológica) como variáveis dependentes.

Por fim, a tarefa *n-back* consistiu num desenho unifatorial com dois níveis (condição *0-back* e condição *1-back*), sendo avaliada a precisão como variável dependente.

2.4. Procedimento

Todas as tarefas foram construídas com recurso ao *software E-Prime 2.0* (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA) registando-se a precisão e os tempos de resposta (em milésimos de segundo) dos participantes. Cada participante foi testado individualmente.

Após preencher o consentimento informado e questionário de rastreio, o participante era preparado para a aquisição do EEG. Nomeadamente, a cabeça do participante era medida e a touca adequada escolhida, passando-se de seguida à limpeza do couro cabeludo com compressas embebidas em álcool e gel abrasivo, para facilitar a obtenção de boas impedâncias. Procedia-se à colocação da touca e dos elétrodos e ao encaminhamento do participante ao compartimento da sala onde se encontravam os periféricos para apresentação de estímulos e aquisição de resposta, e onde decorria a sessão experimental. Este compartimento era um cubículo isolado, provido de atenuação acústica e iluminação e temperatura regulada. O participante sentava-se num cadeirão confortável. Cada ponto do seu escalpe correspondente a um elétrodo era então preenchido com um gel condutor com recurso a uma seringa de agulha romba. Os valores de impedância de cada elétrodos eram obtidos e, se necessário e possível, melhorados.

O participante era instruído a manter uma postura relaxada mas firme, com os pés assentes no chão, e a evitar ao máximo movimentos músculo-esqueléticos, bem

como piscar os olhos, cerrar os maxilares, engolir e tossir, sendo por isso encorajado a manter a boca ligeiramente aberta durante a sessão. Um teclado era colocado no seu colo e os dedos colocados nas teclas de resposta. As etapas da sessão eram explicadas, eventuais dúvidas esclarecidas, dando-se então começo à recolha experimental. No final de cada tarefa a experimentadora entrava no cubículo para dar início à tarefa seguinte, esclarecendo possíveis dúvidas do participante e recolhendo o seu *feedback*, e permitindo que o participante se pudesse descontraír nesse intervalo. Todas as tarefas continham instruções por escrito e reforçadas oralmente.

2.4.1. Tarefa principal de verificação de frases

Os parâmetros procedimentais seguiram os utilizados por Raposo e Marques (2013), adaptados às características de uma experiência com EEG. Os participantes viam frases num ecrã e tinham de indicar se cada frase era verdadeira ou falsa, carregando na tecla *s* com o dedo médio (se verdadeira) ou na tecla *d* com o indicador esquerdo (se falsa). As teclas tinham autocolantes com as letras *V* e *F* escritas, respetivamente. Os participantes eram encorajados a ler as frases atentamente e a responder o mais precisa e rapidamente possível. Era-lhes pedido que não baixassem a cabeça para olhar para as teclas, de forma a evitar artefactos no registo (ver instruções no Anexo C).

As 150 frases eram apresentadas pseudo-aleatoriamente em 5 blocos de 30 frases (10 ilusões semânticas, 10 verdadeiras e 10 claramente falsas). Cada frase era precedida por um ponto de fixação de 500 milissegundos, sendo depois apresentada no ecrã até que o participante respondesse ou até um máximo de 4500 milissegundos. Após ser dada uma resposta ou ser alcançado o tempo limite, surgia um ecrã branco com um intervalo inter-estímulos aleatório e que variava entre 600, 1000 ou 1500 milissegundos, sendo o rácio de probabilidade 4:2:1, respetivamente (ver Figura 5). Esta variação no tempo inter-estímulo destinava-se à minimização de um *trade-off* entre precisão e velocidade e de estratégias fixas e antecipadoras de resposta (Dockree et al, 2007).

No final de cada bloco surgia um ecrã de pausa, sendo o participante encorajado a piscar, engolir, tossir e mexer-se neste espaço de tempo, que era pelo próprio determinado (ver instruções gerais no Anexo G). Para dar início ao bloco seguinte o participante carregava na tecla de espaço.

Antes do início dos blocos experimentais, era realizado um bloco de treino para que os participantes se acostumassem à localização das teclas e às exigências temporais

da tarefa. A fase de treino era composta por 12 frases, metade verdadeiras e metade claramente falsas, e era fornecido *feedback* sobre a precisão e rapidez da sua resposta imediatamente após cada ensaio. (ver Anexo C para as instruções desta tarefa).

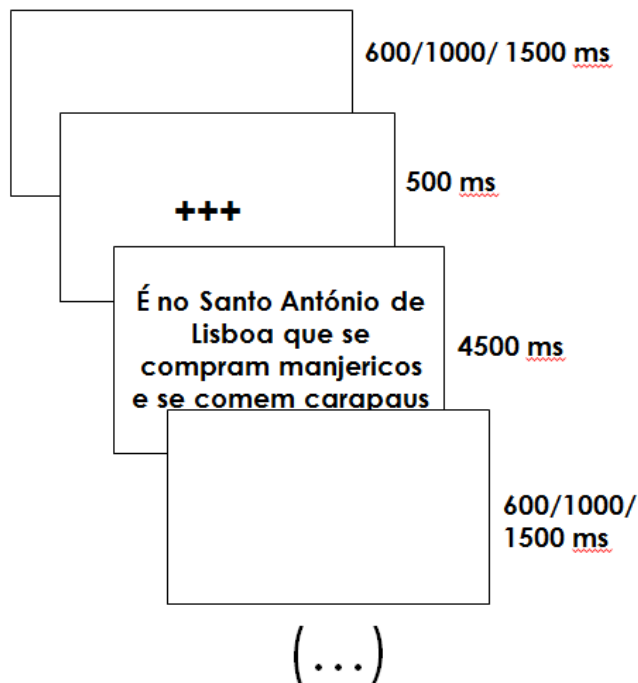


Figura 5: Ilustração do procedimento da tarefa de verificação

2.4.2. Tarefa complementar Go/No-Go

Na tarefa de *Go/No-Go* o participante era encorajado a memorizar bem as imagens *Go* e as imagens *No-Go* e, dada a velocidade da tarefa, a responder o mais rapidamente possível a estímulos *Go*, tentando abster-se de responder a estímulos *No-Go*. Eram prevenidos de que era provável que cometessem erros. Os detalhes do procedimento foram similares aos indicados por Brocki e Bohlin (2004), sendo os tempos adaptados de acordo com Nieuwenhuis e colaboradores (2003) para participantes adultos. A tarefa era constituída por um bloco de 100 estímulos, sendo cada estímulo precedido por um ponto de fixação de duração variável, aleatória e equiprovável de 1100, 1300, 1500, 1700 ou 1900 milissegundos. Os participantes eram instruídos a carregar num botão sempre que surgissem estímulos alvo (ou *Go*) no ecrã e a abster-se de dar qualquer resposta quando fosse apresentado o estímulo distrator (ou *No-Go*). Cada estímulo era apresentado durante 400 milissegundos e foi criada uma única aleatorização dos estímulos, mantida para todos os participantes. Os primeiros 21 ensaios eram estímulos *Go*, de forma a criar uma tendência de resposta dominante e

acentuar o caráter inibitório de resposta em estímulos *No-Go*, não havendo, também, repetição do mesmo estímulo 3 vezes consecutivas, à exceção destes ensaios iniciais (conforme sugerido na literatura; ver Iaboni, Douglas & Baker, 1995; Patterson, Kosson & Newman, 1987). O registo de interesse era o de respostas incorretas a estímulos *No-Go* (i.e., erros de comissão) e de não-respostas a estímulos *Go* (i.e., erros de omissão). Para efeitos do registo de potenciais eletrofisiológicos o bloco foi repetido uma vez.

2.4.3. Tarefa complementar *n-back*

A tarefa de *n-back* começava pelo bloco *0-back* seguido do bloco *1-back* (Han et al., 2013; Owen et al., 2005). Os participantes eram instruídos a detetar a letra A, pré-definida nas instruções, numa sequência de letras, carregando na tecla de espaço sempre que a letra aparecesse (ver instruções no Anexo D). Cada letra era apresentada no ecrã durante 500 milissegundos, seguindo-se um ecrã branco de 1500 milissegundos. O número total de estímulos era 60, apresentados aleatoriamente, dos quais 20 eram o estímulo alvo e 40 estímulos distratores. Na condição *1-back* os participantes tinham de carregar na tecla de espaço sempre que uma letra aparecesse duas vezes consecutivas na sequência. Dos 60 estímulos totais, 45 eram letras soltas e 15 eram pares de letras iguais, mantendo-se os tempos de apresentação já descritos. Foi registada a precisão de resposta nos dois blocos.

Para além dos propósitos experimentais inerentes às tarefas *Go/No-Go* e *n-back* ressaltados na Introdução (capacidade de inibição de resposta e capacidade de monitorização, respetivamente) estas tarefas serviam também como distração e combate a efeitos de primação entre a tarefa de verificação de frases e o teste de conhecimento final.

2.4.4. Teste de conhecimento

Por fim, os participantes completavam o teste de conhecimento, composto por 50 perguntas, acompanhadas de quatro alternativas de resposta. Eram instruídos a ler a pergunta e as respostas com atenção, sem qualquer limite temporal, sendo ressaltado que a precisão era muito importante nesta tarefa (ver instruções no Anexo E). As perguntas eram apresentadas durante tempo ilimitado e a precisão foi a única medida registada. Os participantes respondiam carregando nas f, g, h, j que tinham autocolantes com as letras A, B, C, D escritas, respetivamente, pois estas eram as opções de resposta que apareciam associadas a cada pergunta no programa.

Ao completar esta tarefa os participantes saíam do cubículo e era-lhes dado champô, uma toalha e secador, caso quisessem proceder à lavagem do cabelo para remover os resíduos de gel. Por fim, era realizado o *debriefing*, juntamente com algumas perguntas sobre o seu conhecimento do material e do propósito do estudo. O tempo total do estudo era de aproximadamente 1 hora e 30 minutos.

2.5. Aparelho e registo eletrofisiológico

O registo de EEG foi feito continuamente através de 30 eléctrodos de Ag-AgCl (prata/cloreto de prata) montados em toucas Easycap de tamanho 52, 54 e 56, de acordo com o sistema internacional 10/20 (Jasper, 1958; ver Figura 6) e através de um sistema Neuroscan Synamps (Neurosoft Inc., Sterling, VA, USA) com uma taxa de amostragem de 256 Hz e um filtro de banda de 0.1-70 Hz (Horowitz-Kraus & Breznitz, 2011). Um electrooculograma vertical foi registado através de dois eléctrodos colocados acima e abaixo do olho direito, para facilitar a remoção de artefactos oculares na análise. O eléctrodo de referência foi colocado no canal AFz e um eléctrodo de terra foi colocado na mastóide direita. As posições destes eléctrodos variam substancialmente entre autores, tendo-se optado por estas por serem menos desconfortáveis para os participantes em comparação com outros locais como testa ou orelhas. As impedâncias dos eléctrodos foram mantidas abaixo dos 10 K Ω .

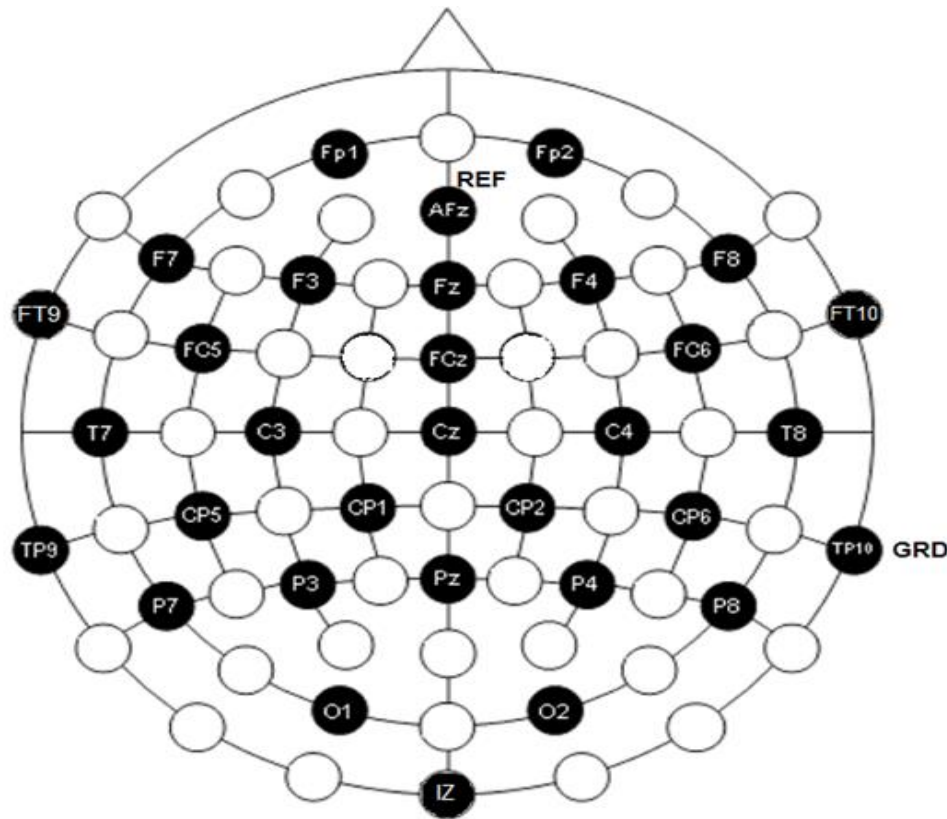


Figura 6: Esquema da montagem das toucas. REF: Referência e GRD: Terra

2.6. Análise de dados

2.6.1 Pré-processamento dos dados eletrofisiológicos

Os dados eletrofisiológicos foram submetidos a processos de remoção de artefactos, filtragem, criação de épocas e de médias (*averaging*) no programa *Scan 4.3.1* (Neurosoft Inc., Sterling, VA, USA). O primeiro passo foi inspecionar visualmente e remover blocos com muitos artefactos, aplicando-se de seguida um método de redução de artefactos oculares. Após esta limpeza, foram aplicados dois filtros destinados à eliminação de gamas de frequência não neurofisiológicas. Foi aplicado um filtro de passagem alta (*high-pass*) de 1 Hz com o objetivo de remover gamas de frequência lentas (e.g., sudação, respiração) e um filtro de passagem baixa (*low-pass*) de 25 Hz direcionado a gamas de frequência rápidas (e.g., musculares). De seguida, procedeu-se à criação de épocas de -150 milissegundos a 300 milissegundos para quatro tipos de ensaio (i.e., respostas corretas a frases verdadeiras, respostas corretas a frases claramente falsas, respostas corretas a ilusões semânticas e respostas incorretas a ilusões

semânticas). Procedeu-se a uma inspeção de artefactos época a época para a eliminação de artefactos e inspeção visual das épocas.

Foram criadas as médias de cada tipo de ensaio para cada participante, de onde foram extraídos os picos a serem analisados. O *Ne* começa a surgir um pouco antes da resposta, atingindo a amplitude máxima geralmente entre os 50 e os 80 milissegundos, embora a sua latência seja bastante variável (Falkenstein et al., 2000), pelo que a janela de temporal foi definida entre os 0 e os 150 milissegundos. Tratando-se de um potencial de resposta, há que ter em conta que a atividade que precede a resposta é geralmente tão ou mais acentuada que a atividade que se segue à resposta (Luck, 2005). Por isso, e de acordo com a sugestão de Falkenstein e colaboradores (1994, 1995, 1996, 2000), a medição foi efetuada a partir do zero elétrico, para evitar variâncias no potencial devido a alterações numa *baseline*.

2.6.2 Análises estatísticas para dados comportamentais e eletrofisiológicos

Para as análises estatísticas dos dados comportamentais e eletrofisiológicos recorreu-se ao programa *IBM SPSS Statistics* (20). Após a extração dos dados comportamentais (i.e., precisão e TR), foram conduzidas várias ANOVAs para amostras independentes, emparelhadas e com medidas repetidas, de forma a explorar as diferentes variáveis da tarefa de verificação de frases. O objetivo principal destas análises prendia-se com a avaliação do impacto que frases com diferentes valores de verdade e de detetabilidade tinham nas medidas de precisão e de TR, tendo-se realizado análises por item e por sujeito.

Nas tarefas complementares *Go/No-Go* e *n-back* foram extraídos e analisados os dados relativos à precisão, através de medidas como a média, mediana, quartis e desvio-padrão, que seriam depois alvo de correlações com medidas da tarefa de verificação e do teste de conhecimento. Na tarefa *Go/No-Go* foram ainda calculados dois índices, o índice *d'* e o índice *beta*.

O *d'* é um índice de discriminabilidade, sendo que participantes que respondem indiscriminadamente a todos os estímulos (*Go* e *No-Go*) e participantes com taxas reduzidas de resposta (ausência de resposta a estímulos *Go* e *No-Go*) apresentam índices *d'* mais baixos (Conners & MHS Staff, 2000; Dougherty, Bjork, Marsh & Moeller, 2000, He et al., 2014). Este índice é calculado através da seguinte fórmula:

$$d' = (\text{Acertos} - \text{Falsos Alarmes})$$

Os acertos correspondem às respostas dadas em ensaios *Go* (respostas corretas) e os Falsos Alarmes a respostas dadas em ensaios *No-Go* (erros de comissão).

O *beta* é um índice de enviesamento de resposta (*bias*) e fornece uma medida do enviesamento do participante no *trade-off* entre velocidade e precisão. A priorização da velocidade pode conduzir a taxas elevadas de impulsividade e erros de comissão, enquanto a priorização da precisão pode conduzir a taxas elevadas de hesitação e erros de omissão. O primeiro cenário corresponde a uma estratégia de resposta arriscada e o segundo a uma estratégia mais conservadora. Valores mais altos neste índice indicam um maior controlo inibitório (Conners & MHS Staff, 2000; Dougherty et al., 2000, He et al., 2014). A fórmula de cálculo do índice *beta* é a seguinte:

$$beta = -0.5 \times (\text{Acertos} + \text{Falsos Alarmes})$$

Finalmente, no teste de conhecimento foi analisada a proporção de acertos, através da média, mediana, quartis e desvio-padrão.

Os dados extraídos do registo eletrofisiológico das tarefas de verificação e *Go/No-Go* foram também submetidos a ANOVAs, com o objetivo de explorar a influência que a resposta dada a diferentes tipos de frases teve na amplitude do potencial de interesse. Adicionalmente, examinaram-se possíveis diferenças nos vários elétrodos da linha central do escalpe onde este potencial é mais pronunciado. Numa ótica de comparação, devido à natureza exploratória das análises dos dados eletrofisiológicos da tarefa de verificação, foram também realizadas análises exploratórias de correlação entre os dados desta tarefa e da tarefa *Go/NoGo*, assim como entre condições da mesma tarefa.

Antes da condução das ANOVAs, foram verificados todos os pressupostos subjacentes a análise de dados paramétricos.

3. Resultados

3.1. Dados Comportamentais

Foram realizadas análises dos dados comportamentais e eletrofisiológicos. A análise dos dados comportamentais incidiu sobre a precisão (nas quatro tarefas) e os

tempos de resposta (na tarefa de verificação). Adicionalmente, foram realizadas análises de correlação entre as tarefas.

3.1.1. Tarefa principal de verificação de frases

Foram conduzidas análises por item e por participante tendo sido o padrão de resultados o mesmo entre as duas análises. São apresentados os resultados da análise por participante, que é mais adequada, pois as diferenças procuradas concernem as respostas dos participantes, sendo que as características (estrutura, tamanho, tema e posição da palavra crítica) foram altamente controladas, tal como explicado na secção 2.2.1 (ver também Anexo A).

De acordo a literatura (e.g., Brédart & Modolo 1988; Erickson & Mattson, 1981) a análise das ilusões deve contemplar apenas aquelas a que foi dada uma resposta errada na tarefa de verificação e uma resposta correta no teste de conhecimento final, pois só estas podem ser consideradas ilusões semânticas com segurança. Seguiu-se a recomendação da literatura e repetiu-se a análise tomando a totalidade das respostas na tarefa de verificação, tendo-se observado o mesmo padrão de resultados. Assim, optou-se por apresentar a análise tomando a totalidade de respostas por razões de coerência com a análise de dados de EEG, que foi realizada para a totalidade de respostas.

A precisão média das respostas foi tomada como medida dependente numa ANOVA unifatorial com medidas repetidas para o tipo de frase (frases verdadeiras, claramente falsas e ilusões semânticas). Foi encontrado um efeito principal de tipo de frase ($F(2, 64) = 427.741, p < .001$). Tal como esperado, contrastes planeados (com $\alpha = .017$ após a aplicação da correção de *Bonferroni* para comparações múltiplas) revelaram que a precisão para frases com ilusões semânticas ($M = .39, DP = .13$) foi significativamente mais baixa que a precisão quer para frases claramente falsas ($M = .90, DP = .08; t(32) = -30.085, p < .001, one-tailed$) quer para frases verdadeiras ($M = .90, DP = .06; t(32) = -20.677, p < .001, one-tailed$). Mais ainda, e igualmente esperado, não se verificaram diferenças significativas entre a precisão para frases claramente falsas e frases verdadeiras ($t(32) = -.205, p = .839$) (ver Figura 7). Considerando apenas as ilusões semânticas, observou-se que a proporção de respostas incorretas ($M = .61, DP = .13$) foi significativamente mais elevada do que a proporção de respostas corretas ($M = .39, DP = .13; t(32) = -4.722, p < .001, one-tailed$).

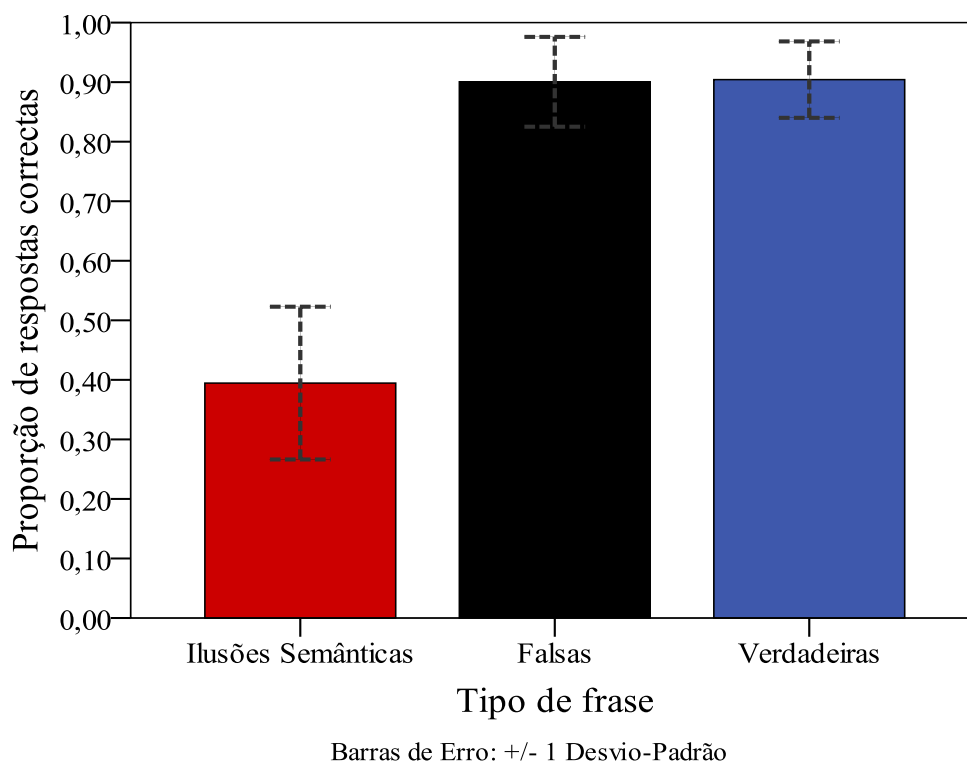


Figura 7: Média da precisão (e desvio-padrão) por tipo de frase na tarefa de verificação de frases

Foi realizada uma análise semelhante para os TR. Foi encontrado um efeito principal do tipo de frase ($F(2, 64) = 32.991, p < .001$), sendo que os contrastes planeados ($\alpha = .017$ após correção de *Bonferroni*) revelaram TR mais longos a frases com ilusões semânticas ($M = 2728, DP = 295$) relativamente a frases claramente falsas ($M = 2539, DP = 275; t(32) = 5.409, p < 0.001$) e frases verdadeiras ($M = 2489, DP = 329; t(32) = 8.106, p < 0.001$). Não se verificaram diferenças significativas entre o TR a frases claramente falsas e frases verdadeiras ($t(32) = 1.777, p = 0.185$) (ver Figura 8). Considerando apenas a condição de ilusão semântica, não foram encontradas diferenças significativas entre o TR para respostas corretas ($M = 2954, DP = 409$) e incorretas ($M = 2913, DP = 413; t(32) = 1.063, p = 0.296$).

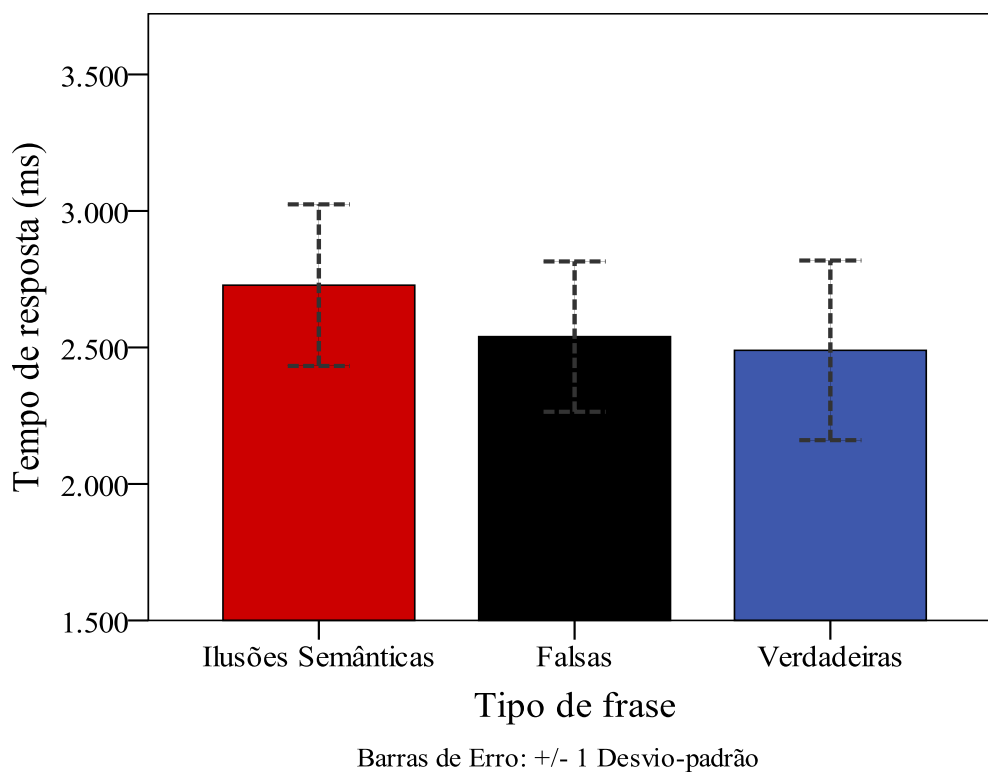


Figura 8: Média do tempo de resposta (e desvio-padrão) por tipo de frase na tarefa de verificação de frases

De forma a melhor avaliar a proporção de ilusões a que os participantes sucumbiram (i.e., a proporção de respostas incorretas na fase de verificação que eram acompanhadas de uma resposta correta no teste de conhecimento final), olhou-se apenas para os itens da tarefa de verificação a que os participantes deram uma resposta correta na tarefa final. Considerando apenas estes itens, verifica-se que os participantes caíram em 59% das ilusões apresentadas, reparando na anomalia em 41% das frases¹. Esta diferença é significativa ($t(32) = -4.210$, $p < .001$), confirmando que possuir o conhecimento correto acerca dos factos descritos nas frases não impede os participantes de sucumbir à ilusão e responder erradamente à frase lida.

Este conjunto de resultados replica os descritos na literatura, reforçando a robustez do fenómeno das ilusões semânticas.

3.1.2. Tarefa complementar Go/No-Go

¹ Tal como referido no início da secção 3.1.1, esta a análise que tem em conta apenas as frases corretamente respondidas no teste de conhecimento e a análise que toma a totalidade das respostas apresentam padrões similares.

A precisão média na tarefa *Go/No-Go* foi analisada com base em testes *t*, tomando em consideração a proporcionalidade do tipo de estímulos (i.e., 75% *Go* e 25% *No-Go*).

Tal como ilustrado na Tabela 1, a média das respostas corretas ($M = .63$, $DP = .05$) foi significativamente superior à média total de erros ($M = .37$, $DP = .05$; $t(32) = 14.112$, $p < .001$). Considerando apenas os acertos, a correta resposta a estímulos *Go* e a correta inibição de resposta a estímulos *No-Go* não foi significativamente diferente ($t(32) = .591$, $p = .559$). Para os erros, também não se verificou uma diferença significativa na proporção de erros de comissão (i.e., responder a um estímulo *No-Go*) e omissão (i.e., não responder a um estímulo *Go*; $t(32) = .598$, $p = .554$).

Tabela 1: Média e desvio-padrão das omissões e comissões *Go* e *No-Go* e dos acertos e erros totais na tarefa *Go/No-Go*

Tipo de Resposta	Média	Desvio-Padrão
Omissões <i>Go</i> (erros de omissão)	.38	.14
Comissões <i>Go</i> (acerto)	.62	.14
Omissões <i>No-Go</i> (acerto)	.65	.13
Comissões <i>No-Go</i> (erros de comissão)	.35	.13
Acertos totais (Comissões <i>Go</i> + Omissões <i>No-Go</i>)	.63	.05
Erros totais (Omissões <i>Go</i> + Comissões <i>No-Go</i>)	.37	.05

3.1.3. Tarefa complementar *n-back*

Os dados da precisão média nesta tarefa foram analisados com base num teste *t* para amostras emparelhadas para comparar os resultados das duas condições, *0-back* e *1-back*.

Na condição *0-back*, precisão média foi de .93 ($DP = .08$), sendo a precisão mínima de .70 e a máxima de 1. A precisão nesta condição revelou-se bastante elevada, sendo que apenas 25% dos participantes tiveram uma precisão inferior ou igual a .90 e metade teve uma precisão de .95 ou superior.

Na condição *1-back* a precisão foi também elevada. A média de acertos foi de .59 ($DP = .19$), a precisão menos elevada de .20 e a mais alta de .93. Metade dos participantes teve uma precisão igual ou inferior a .60 e apenas 25% obteve precisões iguais ou superiores a .73.

A precisão na condição *1-back* foi significativa significativamente inferior à da condição *0-back* ($t(31) = 13.167, p < .001$).

3.1.4. Teste de conhecimento

Os participantes responderam, em média, corretamente a .90 ($DP = .07$) das questões do teste de conhecimento, independentemente de terem detetado ou não a anomalia na fase de verificação. Este resultado é consistente entre participantes, sendo que 75% dos participantes teve uma precisão entre .72 e .94 e 25% entre .94 e 1. Este resultado ilustra o elevado nível de conhecimento detido pelos participantes relativamente aos factos descritos nas frases com ilusões, em contraste com a precisão na deteção de ilusões na tarefa principal de verificação, próxima dos 40%, tal como referido anteriormente (ver secção 3.1.1).

3.2. Análises de correlação entre as tarefas

Foram conduzidas análises de correlação entre o desempenho na tarefa de verificação de frases e o desempenho na tarefa *Go/No-Go*, para avaliar em que medida capacidades de monitorização e de controlo inibitório numa tarefa de domínio geral (i.e., *Go/No-Go*) se relaciona com diferenças na capacidade de detetar erros e responder corretamente a ilusões semânticas. Os dados da tarefa *n-back* não foram incluídos nestas análises. Por um lado, na condição *0-back* o desempenho foi muito elevado e, por isso, pouco variado e discriminativo, aproximando-se do efeito de teto. Por outro lado, na condição *1-back* ainda que os resultados tenham sido mais discriminativos, não o foram de uma forma consistente, exibindo uma variabilidade muito elevada ($DP = .19$). Assim, e como a tarefa não revelou uma sensibilidade sistemática a diferenças na capacidade de monitorização, ela não foi considerada nas análises de correlação com o desempenho na tarefa de verificação de frases.

Globalmente, a precisão e o TR às ilusões semânticas não revelaram correlações significativas com as medida de desempenho na tarefa *Go/No-Go* (em particular, erros de omissão, erros de comissão, total de erros, índice d' e índice $beta$), com $p > .05$ em todos os casos.

Apesar da ausência de correlações, e uma vez que essa análise se destinava a averiguar em que medida diferenças na capacidade de deteção de ilusões se poderiam relacionar com capacidades controladas mais gerais, considerou-se uma análise

alternativa que compara o desempenho na tarefa Go/No-Go entre dois grupos distintos de participantes: aqueles que manifestam uma elevada capacidade de detecção de ilusões e aqueles que revelaram uma baixa capacidade.

Assim, foi criado um índice de capacidade de detecção de ilusões a partir da diferença entre a proporção de respostas corretas a frases verdadeiras e a proporção de respostas corretas a ilusões. Calculou-se a mediana desta medida ($Mdn = .49$) e criaram-se dois subgrupos equivalentes. O subgrupo com valores acima da mediana ($n = 16$) inclui os participantes que apresentam uma maior diferença de precisão entre frases verdadeiras e ilusões e, por isso, uma menor capacidade de detecção de ilusões, enquanto o subgrupo com valores abaixo da mediana ($n = 17$) apresenta uma menor diferença de precisão entre os dois tipos de frase, i.e., maior capacidade de detecção de ilusões.

No cálculo deste índice foram tomadas apenas as frases verdadeiras pois, perceptivamente, as ilusões semânticas são frases verdadeiras e, na maior parte das vezes, é assim que são classificadas pelos participantes; no entanto, enquanto nas frases verdadeiras a inferência de verdade é adequada, para as ilusões esta inferência é inadequada. Assim, as ilusões semânticas distinguem-se das frases verdadeiras pela maior exigência de processamento que impõem (tal como ilustrado por TR mais elevados; ver secção 3.1.1). Deste modo, a precisão nas frases verdadeiras poderá funcionar como uma base do desempenho do participante, sendo que a diferença entre a precisão nestas frases e a precisão nas ilusões deverá refletir o custo adicional de processamento.

Uma vez criados os dois grupos de participantes com base no índice de capacidade de detecção de ilusões, foram conduzidos testes t para amostras independentes para as variáveis da tarefa Go/No-Go acima referidas. Observaram-se diferenças significativas entre os dois grupos relativamente à proporção de erros de comissão na condição No-Go ($t(31) = -2,110, p = .043$), sendo que o grupo com menor capacidade de detecção de ilusões apresentou um número mais elevado deste tipo de erros ($M = .40, DP = .12$) que o grupo com maior capacidade de detecção ($M = .30, DP = .13$). Por outro lado, o grupo com menor capacidade de detecção de ilusões apresentou uma menor proporção de erros de omissão na condição Go ($M = .33, DP = .11$) que o grupo com maior capacidade, embora esta diferença seja marginal ($M = .42, DP = .15; t(31) = 1.982, p = .056$). Estes resultados sugerem que o grupo com maior capacidade de detecção de ilusões apresenta uma maior capacidade de inibir uma resposta incorreta, mas também se abstém de responder quando é necessário (ver Figura 9).

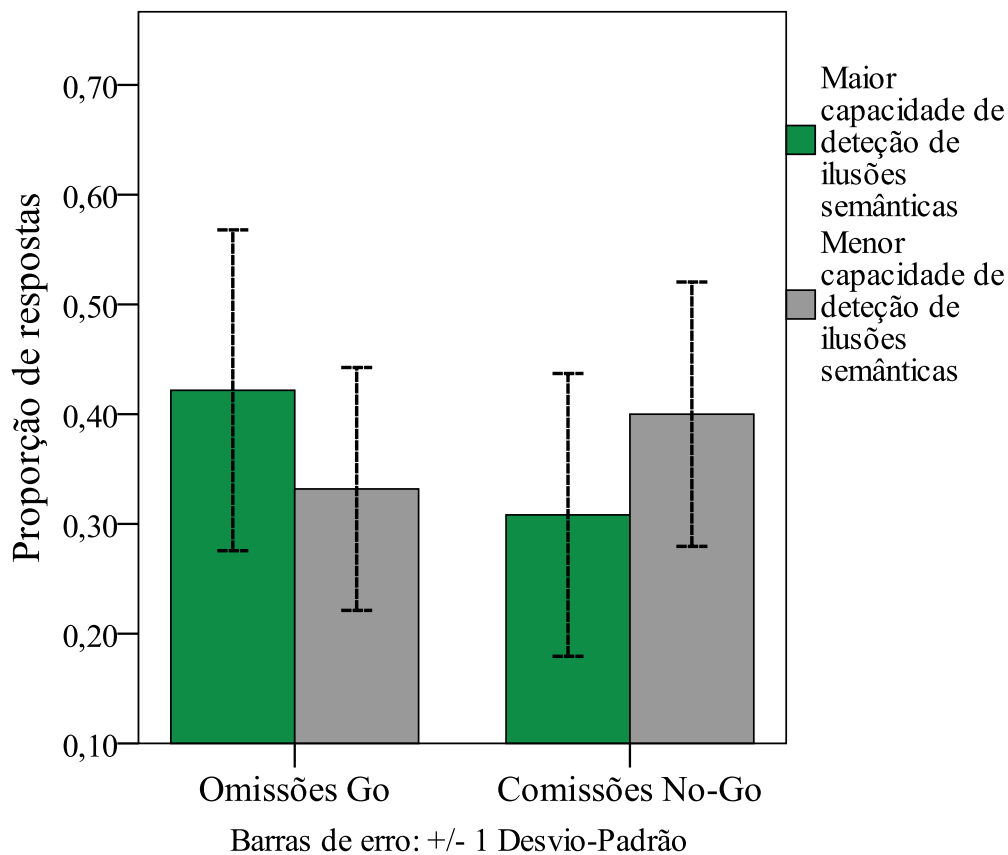


Figura 9: Média (e desvio-padrão) dos erros de omissão e comissão por grupos de diferente capacidade de detecção de ilusões semânticas

Foi também encontrada uma diferença marginal entre os dois grupos para o índice *beta* ($t(31) = 1.986, p = .056$). O grupo com menor capacidade de detecção apresenta um valor mais baixo neste índice ($M = -.53; DP = .12$) que o grupo com maior capacidade de detecção ($M = -.44; DP = .12$). Conforme referido na secção 2.6.2, valores mais elevados no índice *beta* refletem estratégias de resposta mais conservadoras e um maior controlo inibitório, pelo que se poderá concluir que o grupo de participantes que apresenta maior capacidade de detecção de ilusões semânticas também apresenta uma maior capacidade de inibição, respondendo de forma mais conservadora. Este resultado está em linha com as diferenças encontradas entre grupos relativamente ao número de erros de omissão e de erros de comissão.

3.3. Dados Eletrofisiológicos

A análise eletrofisiológica foi realizada com os dados tarefa de verificação e da tarefa de *Go/No-Go*, incidindo sobre o potencial *Ne*, sendo os dados sujeitos a ANOVAS e testes *t*. Devido a um problema com o registo dos dados do primeiro participante, este foi removido da análise, sendo $n=32$ participantes. Analisaram-se diferenças de amplitude relativamente aos canais e às condições experimentais. Relativamente aos canais, foram considerados os canais de interesse Fz, FCz, Cz e Pz, onde o *Ne* é geralmente mais forte (Falkenstein et al., 2000; Gehring et al., 2012; Horowitz-Kraus & Breznitz, 2011; Nieuwenhuis et al., 2001; Shalgi & Deouell, 2012).

No que se refere às condições experimentais, foram considerados quatro tipos de resposta: frases com ilusão semântica não detetada (resposta incorreta), frases com ilusão semântica detetada (resposta correta), frases falsas e frases verdadeiras. O número de respostas incorretas a frases falsas e verdadeiras foi muito baixo, conforme atestado pela sua elevada taxa de precisão, e não foi incluído na análise. As diferenças na amplitude do potencial entre condições experimentais foram analisadas apenas para os canais de interesse em que o potencial se revela mais forte em cada tarefa, à semelhança do que é comum na literatura (cf., e.g., Falkenstein et al., 2000, Gehring et al., 2012; Horowitz-Kraus & Breznitz, 2011; Vidal et al., 2000).

3.3.1. Tarefa de verificação

A inspeção visual das médias totais das ondas (*grand-averaged waveforms*) revelou que o *Ne* nesta tarefa apresentou uma amplitude mais negativa no canal Pz (linha média parietal) na janela temporal entre os 0 e os 150 milissegundos após a resposta. Uma ANOVA unifatorial aos quatro canais de interesse confirmou a existência de diferenças significativas na amplitude do *Ne* entre eles ($F(3, 508) = 47.686, p < .001$) e o teste *post-hoc* de *Bonferroni* confirmou que a amplitude mais negativa foi encontrada em Pz ($M = -3.05, DP = 2.03$).

Assim, as diferenças de amplitude do potencial *Ne* entre condições foram analisadas com base numa ANOVA unifatorial, considerando apenas o canal Pz. Foram encontradas diferenças significativas de amplitude entre as condições ($F(3, 124) = 11.672, p < .001$). Em concordância com as hipóteses colocadas, contrastes planeados ($\alpha = .0125$ após correção de *Bonferroni*) revelaram que após respostas erradas a ilusões semânticas segue-se uma amplitude significativamente mais negativa ($M = -4.42, DP = 2.00$) que após respostas corretas a ilusões semânticas ($M = -3.18, DP = 2.18; t(124) = -3228, p = .006, one-tailed$), frases claramente falsas ($M = -2.18, DP = 1.64; t(124) = -$

5.001, $p < .001$, *one-tailed*) e frases verdadeiras ($M = -2.13$, $DP = 1.34$; $t(124) = -5.111$, $p < .001$, *one-tailed*) (ver Figura 10). Também de acordo com o hipotetizado, não foram encontradas diferenças significativas na amplitude do *CRN* em respostas corretas a frases falsas e a frases verdadeiras ($t(124) = -.110$, $p = .912$) (ver Figura 10).

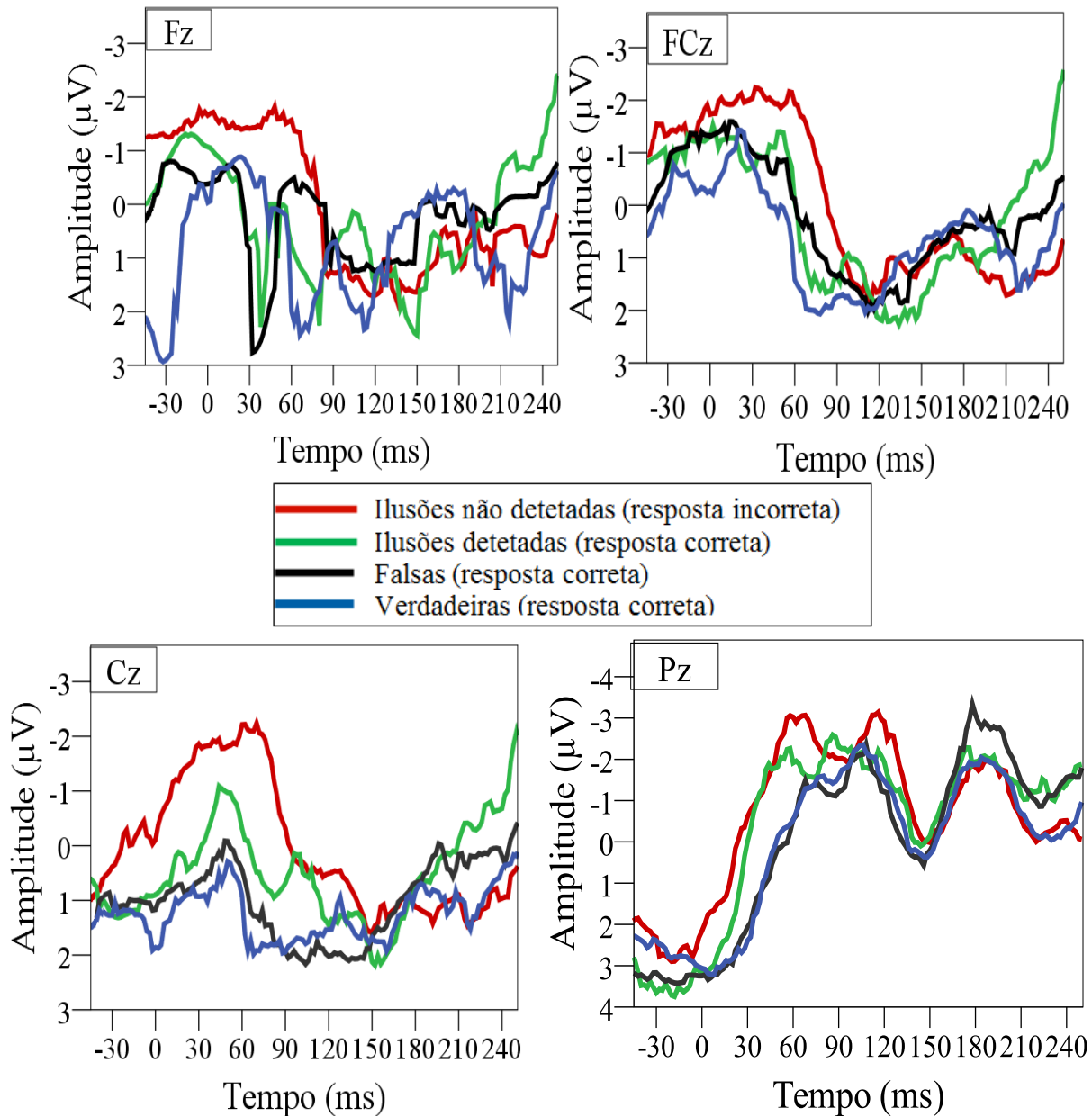


Figura 10: Amplitude do *Ne* e do *CRN* para as quatro condições da tarefa de verificação de frases nos canais Fz, FCz, Cz e Pz

3.3.2. Go/No-Go

A tarefa *Go/No-Go* tem sido uma das mais utilizadas em estudos sobre o *Ne*. Assim, apesar de a análise dos dados eletrofisiológicos nesta tarefa não ser um objetivo

principal deste trabalho, considerou-se importante replicar os resultados da literatura nesta tarefa. Essa replicação permite ter uma maior segurança sobre os resultados (exploratórios) encontrados na tarefa de verificação de frases.

A inspeção visual das médias totais das ondas (*grand-averaged waveforms*) revelou que a amplitude do *Ne* foi mais negativa no canal FCz (linha média fronto-central) entre os 0 e os 150 milissegundos após a resposta ($M = -3.52$, $DP = 4.68$), conforme é comum na literatura (e.g., Brázdil et al., 2005; Bates et al., 2000; Falkenstein et al., 1996). Apesar de uma ANOVA unifatorial não ter revelado diferenças estatisticamente significativas na amplitude do potencial entre os quatro canais ($F(3, 252) = 2.418$, $p = .067$), as análises seguintes concentram-se no canal FCz, em consonância com a inspeção visual das médias. Um teste t para amostras independentes revelou que a amplitude do *Ne* encontrada após erros de comissão, i.e., após respostas a estímulos *No-Go* ($M = -6.51$, $DP = 4.78$), é significativamente mais negativa que a amplitude encontrada após respostas corretas a estímulos *Go* ($M = -0.53$, $DP = 1.80$; $t(62) = -6.624$, $p < .001$). O *Ne* começa a surgir antes de a resposta ser dada e atinge o pico perto dos 50 milissegundos (ver Figura 11).

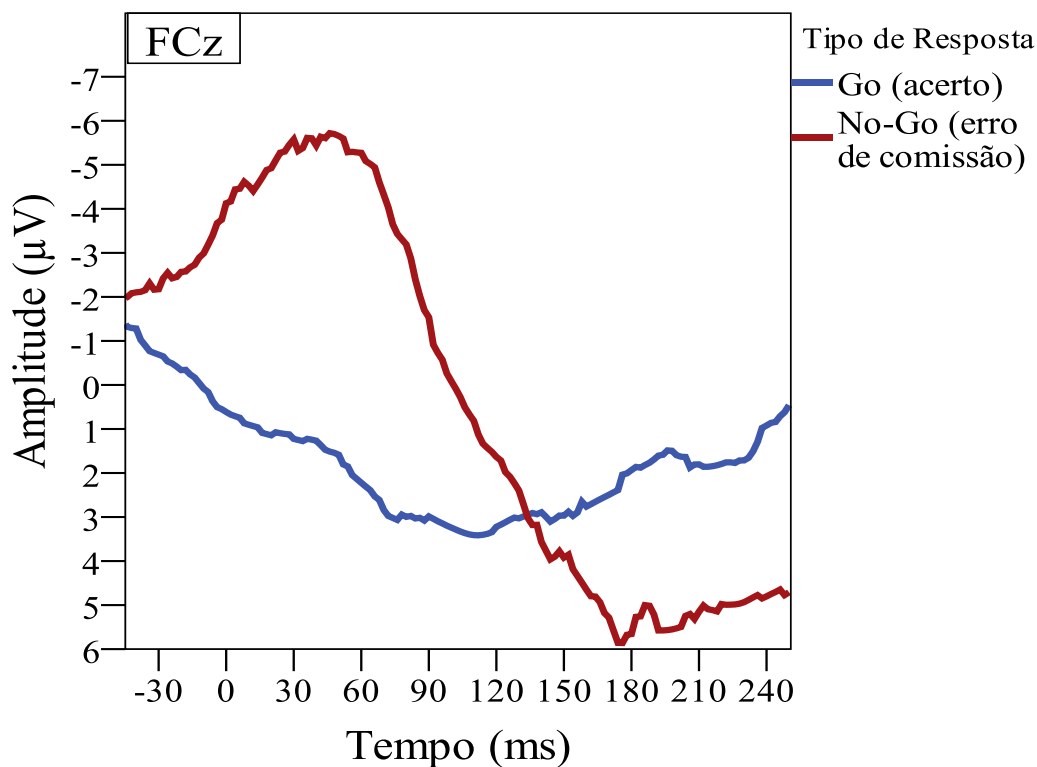


Figura 11: Amplitude do *Ne* para os dois tipos de resposta no canal FCz

3.4. Correlações entre dados eletrofisiológicos e dados comportamentais

Numa última análise correlacionou-se os dados eletrofisiológicos na tarefa de verificação de frases e os dados comportamentais nessa mesma tarefa. Em particular, explorou-se a correlação entre a amplitude do *Ne* na tarefa de verificação, a precisão e o TR a frases com ilusões semânticas.

Não foram encontradas correlações entre a amplitude média do *Ne* e a precisão das respostas ($p > 0.1$, para todos os canais), mas foi encontrada uma correlação negativa significativa entre a amplitude média do *Ne* em Pz e o TR a frases em que a ilusão não é detetada, indicando que quanto mais tempo é despendido na produção de uma resposta errada, mais negativa é a amplitude do *Ne* neste canal ($r(32) = -.366$, $p = .040$) (ver Figura 12).

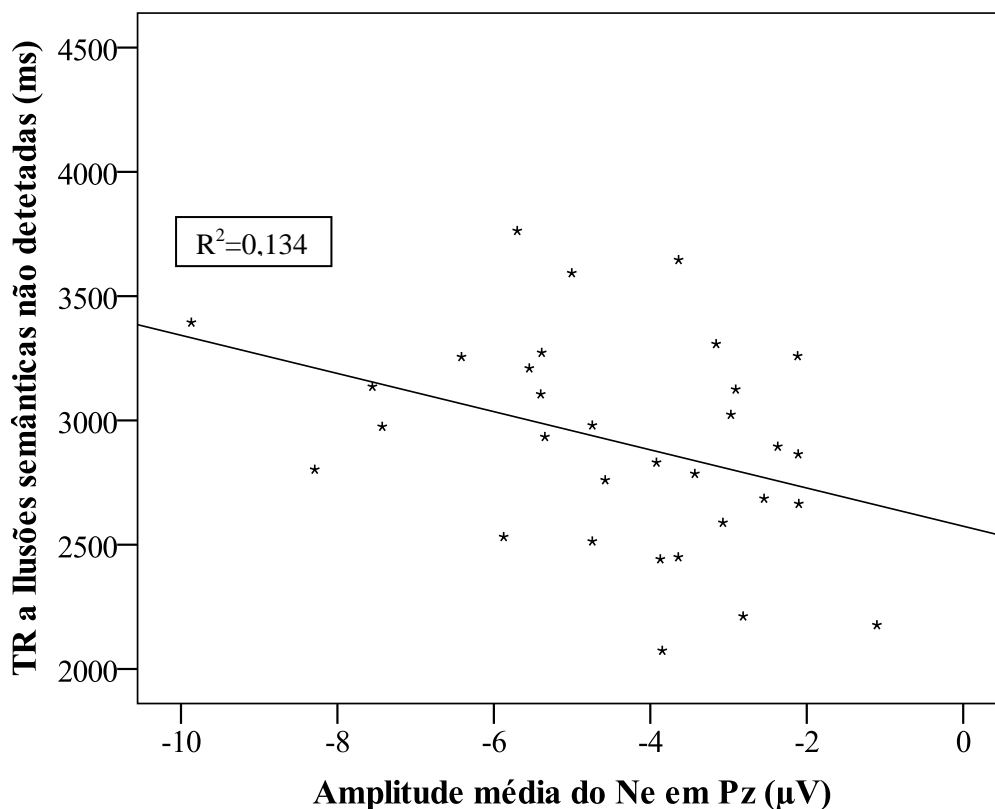


Figura 12: Correlação entre o tempo de resposta a ilusões semânticas não detetadas e a amplitude média do *Ne* no canal Pz

4. Discussão

4.1. Interpretação dos resultados obtidos

Este trabalho teve como objetivo perceber como é que processos controlados atuam durante o processamento de informação linguística que contém erros subtis. Recorrendo ao paradigma das ilusões semânticas numa tarefa de verificação, explorou-se até que ponto processos controlados de monitorização são recrutados no processamento de frases e se existem evidências de que mesmo quando são dadas respostas erradas pode haver algum nível de consciência de que um erro foi cometido, através da análise de potenciais pós-resposta (*Ne/CRN*) relacionados com a monitorização do processo de resposta. Também se pretendeu explorar a relação entre a capacidade de deteção de ilusões e capacidades de controlo executivo gerais, medidas através de tarefas complementares independentes.

Com base em evidências anteriores (Bohan et al., 2012; Büttner, 2012; Hannon, 2015; Izaute et al., 2004; Kan et al., 2010; Mata et al., 2013; Raposo & Marques, 2013), foi hipotetizado que o processamento de ilusões semânticas mobiliza processos controlados, como a monitorização e a inibição de respostas, mesmo quando estas não são detetadas comportamentalmente, podendo tornar-se evidentes apenas após a resposta incorreta na deteção da ilusão ser dada. Esperava-se encontrar evidências da atuação de processos de monitorização no processamento de frases aliada a um maior esforço no processo de verificação da resposta, através da observação do *Ne* após respostas erradas a ilusões, bem como diferenças individuais entre participantes através de uma relação entre a capacidade de detetar ilusões e capacidades gerais de monitorização e de inibição de resposta.

De uma maneira geral, os resultados corroboraram as hipóteses colocadas. Em termos comportamentais, na tarefa de verificação foram replicados os resultados da literatura (e.g., Brédart & Modolo, 1988; Erikson & Mattson, 1981; Reder & Kusbit, 1991; Van Oostendorp & de Mul, 1990) em particular, uma precisão significativamente menor na resposta a ilusões semânticas, comparativamente a frases verdadeiras e claramente falsas, não obstante a precisão no teste de conhecimento sobre os factos descritos nas frases ter sido muito elevada. Mesmo quando se teve em conta, na verificação de ilusões, a resposta apenas às ilusões para as quais foi manifesta a existência de conhecimento factual correto, a taxa de erros manteve-se igualmente

elevada. A diferença entre respostas corretas e incorretas a frases com ilusão foi também significativa. Estes resultados demonstram que estas anomalias semânticas são de difícil deteção e o facto de os participantes deterem o conhecimento correto para responder na maioria das vezes é sugestivo de que a aparência de verdade transmitida pelas frases parece promover um processamento mais automático e uma tendência de resposta errada baseada na intuição (Kan et al., 2010; Mata et al., 2013; Raposo & Marques, 2013). Complementarmente, os TR a ilusões semânticas foram significativamente mais elevados relativamente a frases verdadeiras e claramente falsas, não se verificando diferenças significativas entre o tempo demorado a responder correta ou incorretamente à ilusão. Este resultado argumenta a favor da ideia de que as ilusões representam um maior desafio em termos de processamento e que processos controlados adicionais poderão estar a ser mobilizados mesmo quando a resposta final é incorreta.

Relativamente às tarefas complementares, os resultados da tarefa *Go/No-Go* revelaram uma proporção significativamente maior de acertos (quer de omissão, quer de comissão) do que de erros. A tarefa de *n-back* não foi conclusiva. Na condição *0-back* a precisão foi muito elevada pelo que os dados apresentaram uma variabilidade muito reduzida, próxima do efeito teto. Na condição *1-back* a precisão não foi tão elevada mas a variabilidade foi bastante grande e inconsistente, acompanhada por uma dispersão muito elevada. Estes resultados levantam dúvidas relativamente aos processos que estão a ser medidos e à adequação da tarefa para avaliar a capacidade de monitorização, pelo que a tarefa não foi utilizada nas análises de correlação.²

O presente estudo previa ainda que o desempenho na tarefa de verificação de frases, ao recorrer à implementação de processos controlados, pudesse correlacionar-se com capacidades gerais de monitorização e/ou de inibição de resposta. Contrariamente ao previsto, não foram encontradas correlações diretas significativas entre a precisão e tempo de resposta na tarefa de verificação e o desempenho na tarefa *Go/No-Go*. Uma vez que estas análises se debruçam sobre diferenças individuais na capacidade de detetar ilusões, questionou-se se existiriam diferenças a ter em conta no grupo de participantes. De facto, quando se considera dois grupos de participantes de diferente capacidade de deteção de ilusões, são encontradas diferenças significativas entre eles relativamente à proporção de comissão (i.e., dar resposta em estímulos *No-Go*) na tarefa *Go/No-Go*, sendo que o grupo com menor capacidade de deteção apresentou uma maior

² Esta questão é mais aprofundada na secção 4.2.

proporção deste tipo de erros, ou seja, uma menor capacidade de controlo inibitório. De notar que a capacidade de deteção de ilusões é aqui tomada como um índice que traduzirá o custo adicional assumido pela verificação de uma ilusão por comparação com as frases verdadeiras, já que ambas são percetivamente verdadeiras mas hipoteticamente exigindo processos distintos de verificação da sua atual veracidade. Assim, aquele resultado sugere uma relação, embora indireta, entre a capacidade de inibir tendências de resposta inadequada (impulsionada pela aparência de verdade das frases) e a capacidade de detetar ilusões, apoiando a hipótese inicial.

Tomando igualmente o índice de deteção de ilusões para os dois grupos de diferente capacidade de deteção, foram também encontradas diferenças, embora marginais, para a proporção de erros de omissão (i.e., não dar resposta em estímulos *Go*) na tarefa *Go/No-Go* e o índice de controlo inibitório *beta*, tendo o grupo de maior capacidade de deteção apresentado valores mais elevados em ambas, i.e., embora esse grupo dê menos respostas inadequadas (*No-Go*) também dá menos respostas adequadas (*Go*). Tal sugere que o grupo com maior capacidade de deteção possui uma melhor capacidade de controlo inibitório, optando por uma estratégia mais conservadora de resposta, em contraste com a estratégia mais liberal (impulsiva) do grupo de menor deteção de ilusões. Curiosamente, esta maior capacidade de inibição de resposta no grupo com maior capacidade de discriminação, não se traduz numa vantagem deste grupo, em comparação com o grupo de menor capacidade, no índice de discriminabilidade d' ($t(31) = 0.432$, $p = 0.669$). O facto de ambos os grupos apresentarem uma capacidade semelhante de discriminar entre estímulos, mas terem diferente desempenho na capacidade de inibição, sugere que aquela capacidade de discriminabilidade traduz a atuação de diferentes estratégias: o grupo de menor capacidade de discriminação dá tendencialmente mais respostas e o grupo de maior capacidade omite mais respostas. É possível que este último aspeto seja um lado negativo da capacidade de controlo inibitório, na medida em que para que se consiga inibir uma tendência de resposta tão automática, itens em que é requerida uma resposta acabam por não obter resposta.

Este conjunto de resultados é muito importante para o terceiro objetivo deste trabalho e está de acordo com as sugestões de trabalhos anteriores baseados em teorias duais de processamento (Izaute et al., 2004; Kan et al., 2012; Mata et al., 2013) e com os resultados de Raposo e Marques (2013) que encontram evidências de uma maior ativação de estruturas pré-frontais relacionadas com a inibição de resposta quando

ilusões são detetadas. Vêm também contribuir para a visão que defende que os mecanismos de controlo na linguagem se relacionam com capacidades executivas gerais (Mendelsohn, 2002; Novick, Trueswell, January, & Thompson-Schill, 2004; Novick, Trueswell, & Thompson-Schill, 2005; Ye & Zhou, 2008; Ye & Zhou, 2009).

Relativamente aos dados eletrofisiológicos, em concordância com as hipóteses, foi encontrada uma amplitude mais negativa após respostas incorretas a ilusões semânticas na janela temporal do *Ne*, em comparação com as respostas corretas a todos os tipos de frase, que foram seguidas por uma negatividade menor na mesma janela temporal correspondente ao *CRN*. Não foram encontradas diferenças significativas entre a amplitude do *CRN* entre frases claramente falsas e verdadeiras, conforme previsto. Embora não tenham sido feitas hipóteses concretas relativamente à amplitude após respostas corretas a ilusões, testes de post-hoc revelaram que esta também não diferiu significativamente das amplitudes encontradas após respostas corretas aos outros tipos de frase. A observação do *Ne* após respostas incorretas a material que contém informação anómala indica que a informação foi alvo de monitorização e, de uma forma mais geral, que foram mobilizados processos controlados durante o processamento das frases. Apesar deste tipo de processamento não se manifestar comportamentalmente na deteção da ilusão (i.e., a resposta dada pelo participante é incorreta), os resultados para o *Ne* são sugestivos de que as pessoas podem aperceber-se de que cometeram um erro, de forma mais ou menos consciente. Na verdade, o *Ne* não requer consciência explícita de que um erro foi cometido mas a sua observação indica que, a algum nível, o sistema de monitorização detetou algum tipo de anomalia na resposta. Assumindo que a deteção da anomalia ou erro na resposta foi conseguida, é possível que os processos de inibição de resposta que impediriam a resposta errada não tenham sido suficientes para se sobrepôr à tendência de resposta mais intuitiva que se impõe, baseada na aparência de verdade das ilusões. De acordo com alguns autores estes resultados também poderão refletir a confiança na resposta. Scheffers e Coles (2000) pediram aos participantes para avaliar a confiança que tinham nas respostas dadas a uma tarefa de Flanker. Os autores encontraram uma maior amplitude do *Ne* associada a respostas em que há um baixo nível de confiança na resposta dada. Adicionalmente, Shalgi & Deouell (2012) reportam que o *Ne* não foi observado em respostas erradas dadas por participantes com um elevado nível de confiança numa tarefa de escolha. Assim, é possível que a amplitude do *Ne* também reflita, em parte, o nível de confiança dos participantes na sua resposta,

sendo presumível que as ilusões semânticas evoquem mais dúvidas e, conseqüentemente, menores níveis de confiança na resposta.

Em concordância com os resultados de Horowitz-Kraus e Breznitz (2011), o único estudo de que tenhamos conhecimento que também utilizou frases e o potencial *Ne*, a amplitude do *Ne* é mais reduzida em tarefas de frases do que em tarefas clássicas (e.g., *Go/No-Go*), diminuindo a diferença entre *Ne* e *CRN*. As autoras interpretaram estas diferenças como consequência da maior complexidade do material e da imposição de maior carga na memória de trabalho. Também em contraste com as tarefas clássicas, em que o potencial apresenta uma distribuição mais forte em elétrodos fronto-centrais, no presente estudo o *Ne* apresentou uma distribuição centro-parietal com maior amplitude em Pz, seguindo-se Cz. Em Pz a atividade elétrica foi, também, um pouco diferente da encontrada nos outros canais, mantendo-se negativa durante mais tempo. No entanto, vários estudos também reportam um maior ou igualmente pronunciado *Ne* (e *CRN*) em Pz (Brooker & Buss, 2014; Brooker, Buss, & Dennis, 2011; Hajcak, Vidal, & Simon, 2004; Johannes et al., 2001; Johansson & Mecklinger, 2003; Nessler & Mecklinger, 2003; Nieuwenhuis et al., 2001). Em particular, Hajcak e colaboradores (2004) reportam que à medida que a dificuldade numa tarefa de Stroop aumentava a amplitude do *Ne* torna-se igualmente forte entre canais, sendo mais forte em Cz e Pz em ensaios de erro com TR mais longos. Os mesmos autores salientam que em tarefas mais simples a amplitude do *Ne* em Pz pode ser contaminada pelo potencial P3, contribuindo para a redução do *Ne* em regiões posteriores. Adicionalmente, numa tarefa de lembro/sei (*remember/know*), Nessler e Mecklinger (2003) encontram um *Ne* mais forte com uma distribuição mais anterior após reconhecimentos verdadeiros e falsos, comparativamente a rejeições corretas, e um *Ne* um pouco mais atrasado, mais prolongado e mais posterior para reconhecimentos falsos. Assim, é sugerido que a porção mais anterior do potencial *Ne* está mais relacionada com a deteção do erro, enquanto a porção mais posterior está relacionada com monitorização da ação, sendo sobretudo relevante quando existe conflito na resposta. A descrição presente na literatura sobre as diferenças entre canais para o potencial *Ne* é bastante similar à encontrada no presente estudo e, de facto, os resultados sugerem diferenças de funções entre locais do escalpe. A hipótese da parte posterior refletir monitorização da ação, particularmente na existência de conflito elevado, poderá explicar o porquê do *Ne* ser mais pronunciado no canal Pz após respostas incorretas a ilusões semânticas, em que existe um maior conflito entre a resposta correta e incorreta devido à sua elevada

proximidade semântica (Raposo & Marques, 2013) e está em linha com os resultados de Hajcak e colaboradores (2004). De notar que, apesar da negatividade ser significativamente maior no caso das ilusões não detetadas do que em qualquer outra condição de frase, foi encontrada também uma negatividade pronunciada após respostas corretas a frases verdadeiras, claramente falsas e ilusões corretamente detetadas. A nossa sugestão é de que no presente estudo este resultado seja influenciado pelo envolvimento do lobo parietal no processamento linguístico, já que o lobo parietal é uma estrutura importante para funções recetivas e expressivas da linguagem (Brownsett & Wise, 2010; Cohen, Dehaene, Chochon, Lehéricy, & Naccache, 2000; Devidosantos, Gagliardi, & Mac-Kay, 2011; Keller, Carpenter, & Just, 2001; Martin, Carlson, & Buskist, 2009; Richardson, Thomas, & Price; Simon, Mangin, Cohen, Le Bihan, & Dehaene, 2002; Wimmer, Hutzler, & Wiener, 2000). Acresce que a maior parte do material utilizado consistia em frases clivadas, estruturalmente mais complexas (Culpeper & Haugh, 2014) e mais difíceis de processar (Caplan, Alpert, & Waters, 1999; Gordon, Hendrick, & Levine, 2002; Waters & Caplan, 2001; Yano, Tateyama, & Sakamoto, 2015; Yano, Tateyama, Kim, & Sakamoto, 2015). Sabe-se que o lobo parietal é de particular importância em frases com maiores exigências semânticas e pragmáticas (Bekinschtein et al., 2011; Kuperberg et al., 2006, Raposo & Marques, 2013) e no processamento de frases complexas (Fengler, Meyer, & Friederici, 2015; Friederici, 2011). Adicionalmente, Bohan e Sanford (2008) observam um P600 após frases de controlo sem anomalias, o que os autores interpretam como refletindo processos de reinterpretção frásica. Tal poderá explicar as maiores amplitudes registadas em Pz para todos os tipos de frase, embora significativamente maiores após ilusões³. A maior latência dos TR, comparativamente a tarefas mais executivas, também poderá contribuir para este efeito (Hajcak et al., 2004). É possível que exista uma modulação em regiões mais posteriores quando as tarefas são mais complexas, sobretudo quando o material utilizado é linguístico. Em Horowitz-Kraus e Breznitz (2011) este efeito não é tão visível, sendo reportada uma maior amplitude em Cz. No entanto, apesar de também terem usado frases como material estas eram mais simples (ativas e simples como “*O rapaz amava a sua mãe e o seu pai*”) e curtas (5 palavras), acompanhadas por TR mais curtos (médias a rondar os 800 milissegundos), o que torna

³ Estas propostas não são conclusivas, pois há que ter em conta as limitações espaciais do EEG.

a tarefa mais próxima de uma tarefa executiva, em contraste com a tarefa do presente estudo.

Relativamente às correlações entre os dados eletrofisiológicos e medidas comportamentais da tarefa de verificação, foi encontrada uma correlação positiva significativa entre o TR a ilusões às quais foi dada uma resposta errada e a amplitude do *Ne* em Pz, indicando que, de uma maneira geral, quanto mais tempo os participantes demoravam a dar uma resposta errada maior era a amplitude do *Ne* no canal onde o potencial foi mais forte. Este resultado está de acordo com o reportado por Hajcak e colaboradores (2004), que encontram uma maior amplitude do *Ne* em Cz e Pz após erros mais lentos. É possível a maior amplitude encontrada se deva também à proximidade de detecção da anomalia. Neste seguimento, Falkenstein e colaboradores (2000) encontram maiores amplitudes do *Ne* após erros mais detetáveis, i.e., em que a representação da resposta dada e a representação da resposta correta são mais díspares e erros corrigidos são geralmente acompanhados por amplitudes mais elevadas (Falkenstein et al., 1995, 1996; Gehring et al., 1993; Rodriguez-Fornells et al., 2002). Assim, quando os participantes demoravam mais tempo a responder, possivelmente estavam mais próximos de detetar o erro, observando-se uma maior amplitude do *Ne*. Assumindo que o processamento das ilusões semânticas envolve uma maior monitorização e, possivelmente, a tentativa de inibição de uma tendência de resposta, esta explicação faz sentido. Por outro lado, foi sugerido que a amplitude encontrada em Pz poderá ser modulada pela maior complexidade das frases e conseqüente esforço de processamento. Assim, frases particularmente desafiantes podem apresentar TR mais elevados e uma maior amplitude do *Ne*, mesmo que o participante não esteja mais próximo de detetar o erro relativamente a frases com TR menos elevados. É ainda possível que quando os participantes demoram mais tempo a responder tenham mais dúvidas em relação a qual será a resposta correta e, portanto, que maiores TR reflitam um menor grau de confiança na resposta, o que também pode explicar a maior amplitude do *Ne* (Scheffers & Coles, 2000; Shalgi & Deouell, 2012).

4.2. Relevância dos resultados e implicações para outras áreas

Uma parte considerável da investigação sobre ilusões semânticas tem-se centrado em explicar os fatores que contribuem para este fenómeno (e.g., Brédart & Docquier, 1989; Park & Reder, 2004; Shafto & Mackay, 2000). O presente trabalho

vem reforçar a utilidade deste fenómeno como ferramenta para explorar o processamento de frases, particularmente da ação de processos controlados no mesmo (ver também e.g., Büttner, 2012; Mata et al., 2013; Raposo & Marques, 2013). Concomitantemente, a investigação sobre processos controlados na leitura tem-se focado no processamento e deteção *online* de anomalias e sua integração (e.g., Nieuwland & Van Berkum, 2006; Sanford et al., 2011), dedicando pouca atenção ao período pós-resposta. No entanto, quando é exigida uma resposta esta resposta torna-se uma parte determinante do processo demonstrando se a ilusão foi eficaz ou não. Além disso, analisar este período permite perceber não só como é processada a resposta acerca do material lido, como também, fazer inferências acerca do processamento que conduziu a essa resposta. Finalmente, o presente estudo une duas linhas de investigação que não se têm cruzado: a linha de investigação eletrofisiológica dedicada à monitorização e deteção de erros pós-resposta (que não costuma recorrer a tarefas com material linguístico; mas ver e.g., Horowitz-Kraus & Breznitz, 2011), e a linha de investigação acerca do processamento de frases com ilusões semânticas. O presente estudo une estas duas linhas de investigação, contribuindo para a compreensão da atuação de processos controlados no processamento de frases que contêm anomalias subtis que, comportamentalmente, não são muitas vezes detetadas. Cruzar estas duas literaturas é relevante na medida em que processos executivos gerais estarão presentes também no processamento linguístico, como os resultados deste estudo, a par de outros (Mendelsohn, 2002; Novick et al., 2004; Novick et al., 2005; Ye & Zhou, 2008; Ye & Zhou, 2009), sugerem.

Até à data poucos estudos focam diretamente a questão do papel que processos controlados poderão assumir no processamento de ilusões semânticas (mas ver e.g., Bohan et al., 2012; Büttner, 2012; Kan et al., 2010; Hannon, 2015; Mata et al., 2013; Raposo & Marques, 2013) e, como tal, se o erro na verificação de frases com ilusão semântica se deve à ausência de processos de monitorização ou se, embora estes processos sejam recrutados, não o sejam com a devida força ou rapidez relativamente a processos mais automáticos desencadeados pela “impressão de verdade” que estas frases transmitem (Kan et al., 2010; Mata et al., 2013; Raposo & Marques, 2013). O facto de no presente estudo ter sido encontrado um *Ne* após respostas incorretas a ilusões semânticas é indicativo de dois aspetos importantes: primeiro, que processos de monitorização estão envolvidos no processamento das ilusões não detetadas mas também nas frases a que é dada uma resposta correta (*CRN*); segundo, que a anomalia

na frase, embora não seja detetada comportamentalmente, está a ser detetada a algum nível no sistema de monitorização, observando-se uma maior amplitude do *Ne* após o cometimento de erros. Complementarmente, ao serem questionados no final da sessão experimental sobre como tinham corrido as tarefas, os participantes reportaram sistematicamente que muitas vezes se tinham apercebiam que tinham dados erros no momento da resposta a frases na tarefa de verificação. Estes resultados contrariam estudos anteriores que não encontram evidências de deteção de anomalias não reportadas em estudos com medidas eletrofisiológicas (Sanford et al., 2011) e de movimento ocular (Bohan & Sanford, 2008). É preciso salientar que, ao contrário do presente estudo, estes estudos não requeriam uma resposta, apenas a audição (Sanford et al., 2011) ou a leitura (Bohan & Sanford, 2008) do material. É possível que no presente estudo, sabendo à partida que seria requerida uma avaliação e resposta sobre o material, os participantes estivessem mais atentos, mobilizando mais processos executivos. Também as medidas analisadas são diferentes em todos os estudos. Enquanto Sanford e colaboradores (2011) analisaram os potenciais linguísticos N400 e P600 o presente estudo avaliou o potencial pós-resposta *Ne/CRN*. Da mesma maneira, o estudo de Bohan e Sanford (2008) avalia medidas de leitura, como tempos de fixação em partes específicas da frase e regressões a partes anteriores da frase, medidas que não foram avaliadas no presente estudo. Adicionalmente, é de referir que estudos mais recentes semelhantes aos descritos tinham já reportado diferenças em relação aos mesmos. Bohan e colaboradores (2012) observam um N400 tardio, elicitado não no momento em que a palavra anómala é encontrada mas mais tardiamente. Concomitantemente, Hannon (2015) encontra evidências de uma deteção tardia, não-consciente, de anomalias num estudo de registo de movimento ocular. Estas evidências de deteção tardia encaixam bem com os resultados do presente estudo, uma vez que as evidências de deteção de anomalia são encontradas precisamente num momento mais tardio associado à resposta dada. Neste sentido, este estudo e o foco no *Ne* constitui uma adição a outros potenciais, como o N400 e o P600/LPP/LPC, utilizados para analisar a deteção e integração de informação anómala e a ação de mecanismos de monitorização em frases.

Ao incorporar os ERPs num paradigma clássico das ilusões semânticas (Erickson & Mattson, 1981) num estudo de EEG, este estudo é também inovador (mas ver Sanford et al., 2011 e Bohan et al., 2012). Assim, e ao demonstrar a sensibilidade do *Ne* ao processamento de ilusões semânticas, vem alargar o âmbito do sistema de

monitorização indexado por este potencial, já atestado pela sua observação em diferentes tarefas e contextos de investigação como controlo executivo (e.g., Falkenstein et al., 1996), apostas (Gehring & Willoughby, 2002); competição e cooperação (e.g., Bruijn & Rhein, 2012); sistema afetivo (e.g., Luu et al., 2004), memória (Nessler & Mecklinger, 2003), após lesões cerebrais (e.g., Gehring & Knight, 2000), perturbações como como esquizofrenia (e.g., Bates et al., 2002), dislexia (e.g., Horowitz-Kraus & Breznitz, 2011), perturbação obsessivo-compulsiva (e.g., Johannes et al., 2001). Adicionalmente, no seguimento do estudo de Nessler e Mecklinger (2003) também contribui para a ideia de que diferentes regiões da distribuição do *Ne/CRN* podem refletir diferentes processos dentro do sistema de monitorização.

Os resultados observados demonstram a importância e utilidade dos estudos com potenciais relacionados com o evento, na medida em que permitem deslindar processos pouco acessíveis de forma comportamental à medida que estes se desenrolam no tempo (Luck, 2005). Embora a resposta comportamental a ilusões seja muitas vezes errada a observação do *Ne* sugere que cerebralmente existe uma sinalização no sistema de monitorização e uma possível deteção aquando do momento do erro. Adicionalmente, a presença do *CRN* é indicativa que mesmo quando não é cometido um erro existem processos de monitorização e de verificação da resposta em curso.

Por fim, os presentes resultados constituem uma adição importante para linhas de investigação inspiradas na abordagem de processamento dual e que também analisam até que ponto as pessoas estão cientes de que cometeram um erro de julgamento sem terem sido capazes de o inibir. Vários estudos têm-se debruçado sobre esta questão no domínio do raciocínio, deteção de conflito e tomada de decisão (Bonner & Newell, 2010; De Neys & Franssens, 2009; De Neys, Moyens, & Vasteenwegen, 2010; De Neys, Vartanian, & Goel, 2008; Pennycook, Fugelsang, & Koehler, 2012). Particularmente, um estudo com medidas fisiológicas (De Neys et al., 2010) encontrou uma maior ativação autonómica quando os participantes completavam uma tarefa que envolvia um conflito entre uma opção mais intuitiva e uma mais lógica. Complementarmente, um estudo neuroimagingológico relatou que embora a CPF lateral (inibição) só tenha estado significativamente mais ativo quando participantes evitavam respostas estereotípicas altamente sugeridas pelo contexto o CAA (deteção de conflito/erro) estava significativamente ativo quando os participantes raciocinavam de forma estereotípica. Estes resultados sugerem que pessoas se podem aperceber de que estão a cometer um erro e que a sua resposta pode resultar de uma falha em inibir a

resposta mais intuitiva. Assim, embora pessoas tenham o conhecimento apropriado para responder, podem falhar em fazê-lo em algumas condições. O fenómeno das ilusões semânticas é particularmente ilustrativo mas pode ser também encontrado noutros contextos como pequenas histórias (e.g., Fazio & Marsh, 2008) e resolução de problemas matemáticos (Kahan, Peters, Dawson & Slovic, 2013).

4.3. Limitações e estudos futuros

Uma questão que se coloca genericamente ao paradigma das ilusões semânticas é a da validade ecológica das ilusões semânticas em construção clivada. Esta construção é pouco frequente no domínio auditivo (Richardson, Thomas, & Price, 2010), o que diminui a familiaridade com as mesmas e diminui a probabilidade de serem experienciadas no dia-a-dia. No entanto, conforme explicado na secção 1.2, a alteração da estrutura informacional é um fator importante para o funcionamento da ilusão, revelando-se útil para propósitos experimentais. Pode-se argumentar que no dia-a-dia o equivalente desta construção menos comum é o contexto frásico mais extenso em que as anomalias ocorrem, a par das exigências pragmáticas da conversação. De facto, aos sermos expostos a uma quantidade massiva de informação dos mais diversos meios, dificilmente não somos expostos a enviesamentos e anomalias e casos próximos de ilusão semântica (i.e., casos de confusão entre dois termos semanticamente muito próximos), que, não obstante, integramos. Os meios de comunicação difundem, muitas vezes, informação distorcida, acrescentando que rejeitar informação é cognitivamente custoso (Lewandowsky, Ecker, Seifert, Schwarz, & Cook, 2012). No futuro seria interessante perceber o impacto que autoridades mediáticas (e.g., governos, instituições, figuras públicas) têm na atuação de processos controlados durante o processamento e decisão sobre informação distorcida.

Apesar de a literatura recomendar que se analisem apenas as ilusões não detetadas a que foi dada uma resposta correta no teste de conhecimento isso não aconteceu neste estudo. Primeiro, não existe forma de marcar, à partida, estas perguntas para depois as identificar na análise, pois só depois de responderem ao teste de conhecimento é que é possível determinar isto. Isto implicaria uma busca exaustiva, ensaio a ensaio, na fase da análise, pois embora os 5 blocos aparecessem sequencialmente, as frases dentro deles tinham uma ordem aleatória. Adicionalmente a taxa de erros no teste de conhecimento foi, em média, muito baixa (10%). Contudo, no

futuro seria interessante diferenciar as duas respostas e perceber o que acontece ao *Ne* em casos em que é dada uma resposta errada pensando-se que é a correta. Neste seguimento o próprio paradigma das ilusões pode ser problemático para a análise de dados eletrofisiológicos. O participante pode responder incorretamente pensando que está a dar a resposta correta ou responder corretamente pensando que acabou de cometer um erro. No entanto, estes casos serão bastante infrequentes, na medida que a informação utilizada refere-se a factos de conhecimento geral, pré-testados numa população com características demográficas similares. Além disso, o estudo da monitorização do erro é permeável a esta situação e comum a outros paradigmas onde a resposta incorreta é mais facilmente detetada e, adicionalmente, o *Ne* não parece requerer consciência explícita de que foi cometido um erro (e.g., Falkenstein et al., 2000, Nieuwenhuis et al., 2001; Shalgi & Deouell, 2012).

Outra questão interessante é a das não-respostas. Assume-se que estes são casos que a pessoa não sabia a resposta correta ou não tinha a certeza entre opções. No entanto, as NR também podem representar casos em que a inibição da resposta inadequada foi bem-sucedida mas não a tempo de ser implementada a resposta correta. Seria interessante explorar os processos subjacentes a não-respostas no futuro. Complementarmente, pode ser interessante explorar que relação é que este tipo de resposta mantém com os erros de omissão da tarefa *Go/No-Go*, pois é possível que pessoas que adotam uma estratégia de resposta mais conservadora também tendam a abster-se mais de dar respostas noutras tarefas.

Relativamente às tarefas complementares utilizadas, seria importante encontrar uma tarefa que avaliasse a capacidade de monitorização. Esta capacidade é uma das mais importantes para o estudo do processamento e deteção de anomalias e das diferenças individuais que lhes são inerentes (Hannon, 2014). A tarefa de *n-back* não produziu resultados consistentes mas os mesmos não foram completamente inesperados, na medida em que estavam a ser utilizadas apenas as condições de menor sobrecarga na expectativa de captar de forma mais direta a monitorização. A monitorização é uma capacidade geral que está na base de muitas outras capacidades controladas, pelo que é difícil isolá-la. Adicionalmente, o facto de o *n-back* ter sido a terceira tarefa a ser aplicada, depois de duas tarefas exigentes como a tarefa de verificação de frases e o *Go/No-Go*, também pode ter contribuído para os resultados inconsistentes da condição *1-back*, pois é possível que os participantes já estivessem a sentir alguns sintomas de fadiga. No entanto, esta tarefa continha uma limitação importante. A tarefa foi utilizada

com o objetivo de avaliar a capacidade geral de monitorização mas, de acordo com Baddeley (2010), toda a informação verbal é processada pelo *loop* fonológico. Assim, as conclusões retiradas não seriam muito conclusivas e alinhadas com os nossos propósitos. No entanto, no futuro valerá a pena aplicar a tarefa com outro tipo de material e em condições de menor fadiga para os participantes.

Outra questão relevante prende-se com o tipo de estratégias de resposta utilizado pelos participantes, nomeadamente continuar a explorar diferenças individuais no processamento e deteção de anomalias. Já existem alguns estudos neste sentido que apontam a proficiência na leitura (Hannon e Daneman, 2001) e a capacidade de raciocinar sobre conhecimento prévio e de manipulação da memória de trabalho (Hannon e Daneman, 2004). Outras capacidades, como a capacidade atenta, de resolução de conflito e de raciocínio lógico também poderão estar envolvidas. Adicionalmente, interações entre todas estas capacidades também poderão ser determinantes para perceber o impacto de estratégias individuais no processamento linguístico. O próprio facto de terem sido encontrados resultados ao considerar-se diferenças de base entre participantes aponta neste sentido, pelo que este fator pode ajudar a explicar a ausência de correlações diretas neste trabalho e construir um quadro mais completo. A adição destes fatores também seria importante para a compreensão do potencial *Ne* em material linguístico. Até à data foram encontradas evidências da influência da capacidade de leitura (Horowitz-Kraus & Breznitz, 2008; 2011) mas o contraste encontrado é entre populações normativas e disléxicas, não explorando diferenças no grupo normativo, e do conhecimento lexical (Harris et al., 2013). A exploração de outras capacidades seria assim relevante para a conjugação das duas literaturas e para uma compreensão mais aprofundada do tópico. Adicionalmente, a utilização de problemas lógicos como os utilizados nos estudos de De Neys e colaboradores (De Neys & Franssens, 2009; De Neys et al., 2008; De Neys et al., 2010) seria uma adição interessante, uma vez que captam bem situações em que respostas intuitivas se impõem a respostas mais controladas.

O presente trabalho abre também uma linha de investigação sobre a relação entre o *Ne/CRN* e outros potenciais linguísticos relacionados com processos de monitorização, nomeadamente o P600/LPP/LPC. Seria interessante explorar até que ponto são co-ocorrentes e se existem condições em que um pode ser observado sem o outro.

5. Conclusão

“Foram dois os animais de cada espécie que Moisés levou na arca”. Quando as pessoas respondem “verdadeiro” não detetaram, por completo, a anomalia ou não conseguiram inibir uma tendência intuitiva de resposta? Aliando paradigmas da Psicologia Cognitiva a uma metodologia da Neurociência revela-se possível explorar processos cognitivos e eletrofisiológicos subjacentes ao processamento linguístico, o qual desafia o leitor e ouvinte à regular detecção e resolução de anomalias, fenómeno ilustrado de forma extrema pelas ilusões semânticas.

Este estudo analisou como é que processos de controlo atuam no processamento de frases, particularmente em casos em que a resposta comportamental indica que anomalia não foi detetada, e como a capacidade de detecção das mesmas se relaciona com processos controlados gerais. Os resultados corroboram, em larga medida, as hipóteses colocadas, indicando que mesmo em condições onde não existe detecção comportamental de anomalias existe uma detecção por parte do sistema de monitorização, tal como evidenciados pelos dados eletrofisiológicos. A atuação de processos controlados não parece restringir-se apenas a casos de erro, verificando-se também, embora em menor grau, em casos em que é dada uma resposta correta. Foram também encontradas evidências de que existe uma relação, embora não muito direta e forte, entre a capacidade de controlo inibitório e a capacidade de detetar ilusões, sobretudo se forem tidas em conta diferenças individuais nesta última. O tempo de resposta também parece ter alguma influência para a detecção de anomalias por parte do sistema de monitorização.

A compreensão do papel de processos controlados no processamento de frases com anomalias traz implicações importantes para a compreensão dos processos controlados na linguagem e em geral, mas também para a abordagem do processamento dual, e para o estudo eletrofisiológico da monitorização do erro, ilustrando a importância da abordagem multidisciplinar da Ciência Cognitiva.

Em estudos futuros é importante compreender melhor o impacto que diferentes estratégias e características individuais têm na atuação destes processos, sob a ideia promovida por este estudo de que a detecção de anomalias não é uma questão linear de “detetado” vs. “não-detetado”.

Referências

- Alvarez, J. & Emory, E. (2006) Executive Function and the Frontal Lobes: A Meta Analytic Review, *Neuropsychology Review*, 16, (1): 17-42.
- Amodio, D. M., Harmon-Jones, E., Devine, P. G., Curtin, J. J., Hartley, S. L., & Covert, A. E. (2004). Neural signals for the detection of unintentional race bias. *Psychological Science*, 15, 88–93.
- Baddeley, A. D. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20, 136-140.
- Balota, D. A., Dolan, P. O., & Duchek, J. M. (2000). Memory changes in healthy young and older adults. In E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *Oxford Handbook of Memory* (pp. 395–410). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Barton, S.B., & Sanford, A.J. (1993). A case study of anomaly detection: shallow semantic processing and cohesion establishment, *Memory and Cognition*, 21, 477–487.
- Bates, A.T., Kiehl, K.A., Laurens, K.R., & Liddle, P.F. (2002). Error-related negativity and correct response negativity in schizophrenia. *Clinical Neurophysiology*, 113, 1454-63.
- Bekinschtein, T.A., Davis, M.H., Rodd, J.M., Owen, A.M. (2011). Why clowns taste funny: the relationship between humor and semantic ambiguity. *Journal of Neuroscience*, 31, 9665–9671.
- Blacfkmer, E. R., & Mitton, J. L. (1991). Theories of Monitoring and the Timing of Repairs in Spontaneous Speech. *Cognition*, 39(3), 173-194.
- Bohan, J., Leuthold, H., Hijikata, Y., & Sanford, A. J. (2012). The processing of good-fit semantic anomalies: An ERP investigation. *Neuropsychologia*, 50, 3174-3184.
- Bohan, J., & Sanford, A. J. (2008). Anomaly detection at the borderline of consciousness: An eyetracking study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 232–239.

- Bonner, C., & Newell, B.R. (2010). In conflict with ourselves? An investigation of heuristic and analytic processes in decision making. *Memory and Cognition*, 38(2), 186-196.
- Bottoms, H.C., Eslick, A.N., & Marsh, E.J. (2010). Memory and the Moses illusion: failures to detect contradictions with stored knowledge yield negative memorial consequences. *Memory*, 18, 670–678.
- Botvinick, M.M., Cohen, J.D., & Carter, C.S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends in Cognitive Science*, 8, 539–546.
- Brázdil, M., Roman, R., Daniel, P., & Rektor, I. (2005). Intracerebral error-related negativity in a simple Go/NoGo Task. *Journal of Psychophysiology*, 19, 244–255
- Brédart, S., & Docquier, M. (1989). The Moses illusion: a follow-up on the focalisation effect. *Cahiers de Psychologie Cognitive/European Bulletin of Cognitive Psychology*, 9, 357–362.
- Brédart, S., & Modolo, K. (1988). Moses strikes again: Focalization effect on a semantic illusion. *Acta Psychologica*, 67, 135-144.
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology*, 26(2), 571-593.
- Brooker, R.J., & Buss, K.A. (2014). Toddler fearfulness is linked to individual differences in error-related negativity during preschool. *Developmental Neuropsychology*, 39(1), 1-8.
- Brooker, R.J., Buss, K.A., & Dennis, T.A. (2011). Error-monitoring brain activity is associated with affective behaviors in young children. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1, 141-152.
- Brouwer, H., Fitz, H., & Hoeks, J. (2012). Getting real about semantic illusions: rethinking the functional role of the P600 in language comprehension. *Brain Res.* 1446, 127–143.

- Brownsett, S.L., & Wise, R.J. (2010). The contribution of the parietal lobes to speaking and writing., *Cerebral Cortex*, 20, 517-523.
- Burle, B., Roger, C., Allain, S., Vidal, F. and Hasbroucq, T. (2008). Error negativity does not reflect Conflict. A re-appraisal of conflict monitoring and Anterior Cingulate activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(9), 1637- 1655.
- Büttner, A. C. (2007). Questions versus statements: Challenging an assumption about semantic illusions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60(6), 779-789.
- Caplan, D, Albert, N., & Waters, G. S. (1999). PET studies of sentence processing with auditory sentence presentation. *NeuroImage*, 9, 343–351.
- Carter, C.S., Braver, T.S., Barch, D.M., Botvinick, M.M., Noll, D., & Cohen, J.D. (1998). Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, 280, 747–749.
- Chatham, C. H., Claus, E. D, Banich, M. T., Curran, T., Kim, A., & Munakata, Y. (2012). Cognitive control reflects context monitoring, not motoric stopping, in response inhibition. *PLoS One*. 7(2), e31546.
- Claffey. (2012). Notes: Cognition 1. Retirado de <http://mikeclaffey.com/psyc2/notes-cog-exec-func.html>
- Cohen, L., Dehaene, S., Chochon, F., Lehéricy, S., & Naccache, L. (2000). Language and calculation within the parietal lobe: A combined cognitive, anatomical and fMRI study. *Neuropsychologia*, 38, 1426-1440.
- Coles, M. G. H., Scheffers, M. K., & Holroyd, C. B. (2001). Why is there an ERN/Ne on correct trials? Response representations, stimulus-related components, and the theory of error-processing. *Biological Psychology*, 56(3), 173-189.
- Conners, C. K., & MHS Staff. (2002). *Conners' Continuous Performance Test II: Computer program for windows technical guide and software manual*. North Tonawanda, NY: Multi-Health Systems.

- Culpeper, J. & Haugh, M. (2014). Informational pragmatics. In J. Culpeper & M. Haugh (Eds). *Pragmatics and the English Language* (pp. 70-71). London: Palgrave Macmillan.
- Daltrozzo, J., Wioland, N., & Kotchoubey, B. (2012). The N400 and Late Positive Complex (LPC) effects reflect controlled rather than automatic mechanisms of sentence processing. *Brain sciences*, 2(3), 267-297.
- Daneman, M., Lennertz, T., & Hannon, B. (2007). Shallow semantic processing of text: Evidence from eye movements. *Language and Cognitive Processes*, 22, 83 – 105.
- de Bruijn, E. R. A., & Rhein, von, D. T. (2012). Is your error my concern? An event-related potential study on own and observed error detection in cooperation and competition. *Frontiers in neuroscience*, 6, 1-9.
- De Neys, W., & Franssens, S. (2009). Belief inhibition during thinking: Not always winning but at least taking part. *Cognition*, 113, 45-61.
- De Neys, W., Moyens, E., & Vansteenwegen, D. (2010). Feeling we're biased: Autonomic arousal and reasoning conflict. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*, 10, 208-216.
- De Neys, W., Vartanian, O., & Goel, V. (2008). Smarter than we think: When our brains detect that we are biased. *Psychological Science*, 19, 483-489.
- Debener, S., Ullsperger, M., Siegel, M., Fiehler, K., von Cramon, D.Y., & Engel, A. K. (2005). Trial-by-trial coupling of concurrent electroencephalogram and functional magnetic resonance imaging identifies the dynamics of performance monitoring. *The Journal of Neuroscience* 25, 11730–11737.
- Dehaene, S., Posner, M.I., & Tucker, D.M. (1994). Localization of a neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 5, 303–305.
- Devindo-Santos, M., Gagliardi, R.J., & Mac-Kay, A.P. (2012). Language disorders and brain lesion topography in aphasics after stroke. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 70(2), 129-33.

- Dockree, P. M., Kelly, S. P., Foxe, J. J., Reilly, R. B., Robertson, I.H. (2007). Optimal sustained attention is linked to the spectral content of background EEG activity: greater ongoing tonic alpha (approximately 10 Hz) power supports successful phasic goal activation. *European Journal of Neuroscience*, 25, 900–907.
- Donders, F.C. (1969/1868). On the speed of mental processes. *Acta Psychologica*, 30, 412–431.
- Dougherty, D. M., Bjork, J. M., Marsh, D. M., & Moeller, F. G. (2000). A comparison between adults with conduct disorder and normal controls on a Continuous Performance Test: Differences in impulsive response characteristics. *The Psychological Record*, 50, 203-219.
- Edwards, B., Calhoun, V.D., & Kiehl, K.A. (2012). Joint ICA of ERP and fMRI during error-monitoring. *NeuroImage*, 59, 1896–1903.
- Endrass, T., Klawohn, J., Gruetzmann, R., Ischebeck, M., & Kathmann, N. (2012). Response-related negativities following correct and incorrect responses: evidence from a temporospatial principal component analysis. *Psychophysiology*, 49(6), 733-743.
- Erickson, T. D. , & Mattson , M. E. (1981). From words to meaning: A semantic illusion. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20, 540-551.
- Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoormann, J., & Blanke, L. (1990). Effects of errors in choice reaction tasks on the ERP under focused and divided attention. In: C. Brunia, A. Gaillard & A. Kok (Eds.), *Psychophysiological Brain Research* (pp. 192–195). Tilburg: Univesity Press.
- Falkenstein, M., Hohnsbein, J., & Hoormann, J. (1994). Event-related potential correlates of errors in reaction tasks. In: G. Karmos, M. Molnár, V. Csépe, I. Czigler & J. Desmedt (Eds.), *Perspectives in Event-Related Potential Research*. (pp. 287–296). Amsterdam: Elsevier.
- Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoormann, J. (1996). Differential processing of motor errors. In: C. Ogura, Y. Koga & M. Shimokochi (Eds.), *Recent Advances in Event-Related Brain Potential Research* (pp. 579–585). Amsterdam: Elsevier.

- Falkenstein, M., Hoorman, J., Christ, S., and Hohnbein, J. (2000). ERP components on reaction errors and their functional significance: A tutorial. *Biological Psychology*, *51*, 87–107.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., & Hohnsbein, J. (1999). ERP components in Go/Nogo tasks and their relation to inhibition. *Acta Psychologica*, *101*(2–3), 267–291.
- Falkenstein, M., Koshlykova, N.A., Kiroj, V.N., Hoormann, J., Hohnsbein, J. (1995). Late ERP components in visual and auditory Go:Nogo tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* *96*, 36–43.
- Fazio, L. K., Dolan, P. O., & Marsh, E. J. (2015). Learning misinformation from fictional sources: Understanding the contributions of transportation and item-specific processing. *Memory*, *23*, 166-167.
- Fazio, L. K., & Marsh, E. J (2008). Slowing presentation speed increases illusions of knowledge. *Psychonomic Bulletin and Review*, *15*, 180-185.
- Fengler, A., Meyer, L., & Friederici, A. D. (in press). Brain structural correlates of complex sentence comprehension in children. *Developmental Cognitive Neuroscience*.
- Ford, J.M., Whitfield, S.L., & Mathalon, D. H. (2004). The neuroanatomy of conflict and error: ERP and fMRI. In: M. Ullsperger & M. Falkenstein (Eds.), *Errors, Conflicts and the Brain Current Opinions on Performance Monitoring* (pp. 42–48). Leipzig: MPI of Cognitive Neuroscience.
- Friederici, A. D. (2011). The brain basis of language processing: From structure to function. *Physiological Reviews*, *91*, 1357-1392.
- Ganushchak, L. Y., & Schiller, N. O. (2006). Effects of time pressure on verbal self-monitoring: An ERP study. *Brain Research*, *1125*(1), 104–115.
- Gehring, W. J., Coles, M. G. H., Meyer, D.E., & Donchin, E. (1990). The error-related negativity: an event-related brain potential accompanying errors. *Psychophysiology*, *27*, S34.

- Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M. G. H., Meyer, D. E., & Donchin E. (1993). A neural system for error detection and compensation. *Psychological science* 4(6), 385-390 .
- Gehring, W. J., & Knight, R. T. (2000). Prefrontal - cingulate interactions in action monitoring. *Nature Neuroscience*, 3, 516-520.
- Gehring, W. J., Liu, Y., Orr, J. M., & Carp, J. (2012). The error-related negativity (ERN/Ne). In S. J. Luck, & E. Kappenman (Eds.), *Oxford handbook of event-related potential components* (pp. 231-291). New York: Oxford University Press.
- Gehring, W. J., & Willoughby, A. R. (2002). The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science*, 295, 2279-2282.
- Gevens, A.S., & Cutillo, B.C. (1993). Neuroelectric evidence for distributed processing in human working memory. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 87, 128-143.
- Gilboa, A. , & Moscovitch , M. (2002). The cognitive neuroscience of confabulation: A review and a model. In A. Baddeley , M.D. Kopelman , & B.A. Wilson (Eds.), *The handbook of memory disorders* (pp. 315 – 342). West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Gordon, P. C., Hendrick, R., & Levine, W. H. (2002). Memory-load interference in syntactic processing. *Psychological Science*, 13, 425–430.
- Hajcak, G., Vidal, F., & Simons, R.F. (2004). Difficulties with Easy Tasks: ERN/Ne and stimulus component overlap. In M. Ullsperger, M. Falkenstein(Eds.) *Errors, conflicts, and the brain: Current opinions on response monitoring* (pp. 204–211.). Leipzig: MPI of Cognitive Neuroscience.
- Hallet, P. E. (1978). Primary and secondary saccades to goals defined by instructions. *Vision Research*, 18, 1279–1296.
- Han, L., Liu, Y., Zhang, D., Jin, Y., & Luo, Y. (2013). Low-Arousal Speech Noise Improves Performance in N-Back Task: An ERP Study. *PLoS ONE*, 8(10): e76261.

- Hannon, B. (2014). Research on Semantic Illusions Tells us that there are Multiple Sources of Misinformation. In D. Rapp and J. Braasch (Eds). *Processing Inaccurate Information : Theoretical and Applied Perspectives from Cognitive Science and the Educational Sciences* (pp. 95-115). Cambridge: MIT Press.
- Hannon, B. (2015). Conscious and unconscious detection of semantic anomalies. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 68(7) 1-22.
- Hannon, B., & Daneman, M. (2001). Susceptibility to semantic illusions: An individual-differences perspective. *Memory & Cognition*, 19, 449 – 461.
- Hannon, B., & Daneman, M. (2004) Shallow semantic processing of text: An individual-differences account. *Discourse Processes*, 37, 187–204.
- Harris, L. N., Perfetti, C. A., & Rickles, B. (2014). Error-related negativities during spelling judgments expose orthographic knowledge. *Neuropsychologia*, 54, 112-128.
- Hasher, L. & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and ageing: A review and a new view. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, 22, 193–225.
- He, Q. Xiao, L., Xue, G., Wong, S., Ames, S.L., Schembre, S.M., & Bechara, A. (2014). Poor ability to resist tempting calorie rich food is linked to altered balance between neural systems involved in urge and self-control. *Nutrition Journal*, 13(1): 92
- Hester, R., Foxe, J. J., Molholm, S., Shpaner, M., & Garavan, H. (2005). Neural mechanisms involved in error processing: A comparison of errors made with and without awareness. *NeuroImage*, 27(3), 602-608.
- Hoening, K., & Scheef, L. (2009). Neural correlates of semantic ambiguity processing during context verification. *NeuroImage*, 45(3), 1009-19.
- Holroyd, C. B., & Coles, M. G. H. (2002). The neural basis of human error processing: Reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological Review*, 109(4), 679-709.

- Holroyd, C. B., Nieuwenhuis, S., Mars, R. B., & Coles, M. G. H. (2004). Anterior cingulate cortex, selection for action, and error processing. In M. I. Posner (Ed.), *Cognitive neuroscience of attention*. (pp. 219-231). New York, NY, US: Guilford Press.
- Holroyd, C. B., Yeung, N., Coles, M. G. H., & Cohen, J. D. (2005). A mechanism for error detection in speeded response time tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, *134*(2), 163-191.
- Horowitz-Kraus, T. (2011). Does Development Affect the Error-related Negativity of Dyslexic and skilled readers in Reading? An ERP study. *Developmental Neuropsychology*, *36*, 914-932.
- Horowitz-Kraus, T., & Breznitz, Z. (2008). An error-detection mechanism in reading among dyslexic and regular readers-an ERP study. *Clinical Neurophysiology*, *119*, 2238-2246.
- Horowitz-Kraus, T., & Breznitz, Z. (2011). Error Detection Mechanism at Words and Sentences: A Comparison between Readers with Dyslexia and Skilled Readers, *The international journal of developmental disabilities and education*, *58*, 33-45.
- Horowitz-Kraus, T., Vannest, J. J., Kadis, D., Wang, Y., & Holland, S. (2014). Reading acceleration training changes brain circuitry in children with reading difficulties. *Brain and Behavior*, *4*(6), 886-902.
- Hughes, G., & Yeung, N. (2011). Dissociable correlates of response conflict and error awareness in error-related brain activity. *Neuropsychologia*, *49* (3), 405-415.
- Iaboni, F., Douglas, V. I., & Baker, A. G. (1995). Effects of reward and response costs on inhibition in ADHD children. *Journal of Abnormal Psychology*, *104*(1), 232-240.
- Ito, S., Stuphorn, V., Brown, J. W., & Schall, J. D. (2003). Performance monitoring by the anterior cingulate cortex during saccade countermanding. *Science*, *302*(5642), 120-122.

- Izaute, M., Paire-Ficout, L., & Bacon, E. (2004). Benzodiazepines and semantic memory : effects of lorazepam on the Moses illusion. *Psychopharmacology*, *172*, 309-315.
- Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, *30*(5), 513-541.
- James, W. (1890). *The principles of psychology (Vol. 1)*. New York: Holt.
- Jasper H.H. (1958). The ten–twenty electrode system of the international federation of societies for electroencephalography: appendix to report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *10*, 371–5.
- Johannes, S., Wieringa, B.M., Nager, W., Rada, D., Dengler, R., Emrich, H.M., Munte, T.F., & Dietrich, D.E., (2001). Discrepant target detection and action monitoring in obsessive-compulsive disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, *108*, 101–110.
- Johansson, M., & Mecklinger, A. (2003). Action monitoring and episodic memory retrieval: An ERP evaluation. *Biological Psychology*, *64* (1-2), 99-125.
- Kahan, D. M., Peters, E., Dawson, E. C., & Slovic, P. (2013). Motivated numeracy and enlightened self-government. *Yale Law School, Public Law Working Paper*, 307.
- Kamas, E. N., Reder, L. M., & Ayers, M. S. (1996). Partial matching in the Moses Illusion: Response bias not sensitivity. *Memory & Cognition*, *24*, 687-699.
- Kan, I.P., LaRocque, K.F., Lafleche, G., Coslett, H.B., & Verfaellie, M. (2010). Memory monitoring failure in confabulation: Evidence from the semantic illusion paradigm. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *16*, 1006-1017.
- Kaufman, J.N., Ross, T.J., Stein, E. A., & Garavan H. (2003). Cingulate hypoactivity in cocaine users during a GO-NOGO task as revealed by event-related functional magnetic resonance imaging. *The Journal of Neuroscience* *23* (21), 7839-7843.

- Keller, T. A., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (2001). The neural bases of sentence comprehension: An fMRI examination of syntactic and lexical processing. *Cerebral Cortex, 11*, 223-237.
- Kiehl, K.A., Liddle, P.F., & Hopfinger, J., B. (2000). Error processing and the rostral anterior cingulate: an event-related fMRI study. *Psychophysiology, 37*(2), 216–23.
- Kim, E. Y., Iwaki, N., Imashioya, H., Uno, H., & Fujita, T. (2007). Error-related negativity in a visual go/no-go task: Children vs . adults. *Development Neuropsychology, 31*(2):181-91.
- Kopp, B., Rist, F., & Mattler, U., (1996). N200 in the flanker task as a neurobehavioral tool for investigating executive control. *Psychophysiology 33*, 282–294.
- Kuperberg, G.R., Lakshmanan, B.M., Caplan, D.N., Holcomb, P.J. (2006). Making sense of discourse: an fMRI study of causal inferencing across sentences. *Neuroimage, 33*, 343–361.
- Levelt, W. J. M. (1983). Monitoring and self-repair in speech. *Cognition, 14*, 41–104.
- Lewandowsky, S., Ecker, U. K. H., Seifert, C., Schwarz, N. & Cook, J. (2012). Misinformation and its Correction: Continued Influence and Successful Debiasing. *Psychological Science in the Public Interest, 13*, 106-131.
- Logan, G. D. (1994). On the ability to inhibit thought and action: A user's guide to the stop signal paradigm. In D. Dagenbach & T. H. Carr (Eds.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (pp. 189-239). San Diego: Academic Press.
- Luck, S. (2005). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Luu, P., & Pederson, S. M. (2004). The anterior cingulate cortex: Regulating actions in context. In M. I. Posner (Ed.), *Cognitive neuroscience of attention* (pp. 232-244). New York: Guilford Press.
- Marsh, E. J., & Fazio, L. K. (2006). Learning errors from fiction: Difficulties in reducing reliance on fictional stories. *Memory & Cognition, 34*, 1140-1149.

- Marsh, E. J., Meade, M. L., & Roediger, H. L., III (2003). Learning facts from fiction. *Journal of Memory & Language*, *49*, 519-536.
- Martin, G.N., Carlson, N.R., & Buskist, W. (2010) Psychobiology and neuroscience. In G. Martin, R Carlson & W. Buskit (Eds). *Psychology* (p. 147). Boston: Allyn & Bacon
- Mata, A., Ferreira, M. B., & Reis, J. (2013). A process-dissociation analysis of semantic illusions. *Acta Psychologica*, *144*, 433-443.
- Mathalon, D. H., Whitfield, S. L., & Ford, J. M. (2003). Anatomy of an error: ERP and fMRI. *Biological Psychology*, *64*(1-2), 119-141.
- Mendelsohn, A. (2002). *Individual differences in ambiguity resolution: Working memory and inhibition*. Unpublished doctoral dissertation, Northeastern University.
- Meyer, A. S., Wheeldon, L. R., & Krott, A. (Eds.). (2007). *Automaticity and control in language processing*. Hove: Psychology Press.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49 – 100.
- Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, *81*, 111– 121.
- Moser, J. S., Moran, T. P., Schroder, H. S., Donnellan, M. B., & Yeung, N. (2013). On the relationship between anxiety and error monitoring: A meta-analysis and conceptual framework. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*:466.
- Nessler, D., & Mecklinger, A. (2003). ERP correlates of true and false recognition after different retention delays: Stimulus and response related processes. *Psychophysiology*, *40*, 1-14.
- Nieuwenhuis, S., Ridderinkhof, K., Blom, J., Band, G., & Kok, A. (2001). Error-related brain potentials are differentially related to awareness of response errors: evidence from an antisaccade task. *Psychophysiology*. *38*(5), 752-60.

- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., van den Wildenberg, W., & Ridderinkhof, K.R. (2003). Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a go/no-go task: effects of response conflict and trial-type frequency. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3, 17–26.
- Nieuwland, M. S., & Van Berkum, J. J. A. (2005). Testing the limits of the semantic illusion phenomenon: ERPs reveal temporary semantic change deafness in discourse comprehension. *Cognitive Brain Research*, 24(3), 691-701.
- Nieuwland, M. S., & Van Berkum, J. J. A. (2006). When peanuts fall in love: N400 evidence for the power of discourse. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(7), 1098-1111.
- Novick, J.M., Trueswell, J.C., January, D., Thompson-Schill, S.L. (2004). *The role of conflict resolution in parsing: measuring individual differences in syntactic ambiguity resolution and executive control*. Paper presented at the 10th Annual Conference on Architectures and Mechanisms in Language Processing, Aix-en-Provence, France.
- Novick, J.M., Trueswell, J.C., Thompson-Schill, S.L., 2005. Cognitive control and parsing: reexamining the role of Broca's area in sentence comprehension. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*, 5, 263–281.
- Orr, J.M., & Carrasco, M. (2011). The role of the error positivity in the conscious perception of errors. *Journal of Neuroscience*, 31(16), 5891-5892.
- Owen, A., McMillan, K., Laird, A., & Bullmore, E. (2005). "N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies". *Human Brain Mapping* 25 (1): 46–59.
- Park, H. , & Reder , L. M. (2004). Moses illusion: Implication for human cognition. In R. F. Pohl (Ed.), *Cognitive illusions* (pp. 275 – 291). Hove, England: Psychology Press.
- Patterson, C. M., Kosson, D. S., & Newman, J. P. (1987). Reaction to punishment, reflectivity, and passive avoidance learning in extraverts. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(3), 565-575.

- Pavone, E. F., Marzi, C. A., & Girelli, M. (2009). Does subliminal visual perception have an error monitoring system? *European Journal of Neuroscience* 30, 1424–1431.
- Pennycook, G., Fugelsang, J.A. & Koehler, D.J. (2012). Are we good at detecting conflict during reasoning? *Cognition*, 124, 101-106.
- Postma, A. (2000). Detection of errors during speech production: A review of speech monitoring models. *Cognition*, 77, 97–131.
- Psychology Software Tools, Inc. [E-Prime 2.0]. (2012). Retiradode <http://www.pstnet.com>.
- Rabbitt, P. M. A. (1967). Three kinds of error-signalling responses in a serial choice task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 22, 179–188.
- Raposo, A., & Marques, J. F. (2013). The contribution of fronto-parietal regions to sentence comprehension: insights from the Moses illusion. *NeuroImage*, 83, 431-437.
- Rapp, D. N., & Braasch, J. L. G. (2014). Accurate and Inaccurate Knowledge Acquisition. In D. Rapp and J. Braasch (Eds), *Processing Inaccurate Information: Theoretical and Applied Perspectives from Cognitive Science and the Educational Sciences* (pp. 1-9). Cambridge: MIT Press.
- Rapp, D. N. (2008). How do readers handle incorrect information during reading? *Memory & Cognition*, 36, 688 – 701.
- Reder, L.M., Kusbit, G.W., (1991). Locus of the Moses illusion: Imperfect encoding, retrieval, or match? *Journal of Memory and Language*, 30, 385–406.
- Richardson, F. M., Thomas, M. S. C., & Price, C. J. (2010). Neuronal activation for semantically reversible sentences. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22, 1283-1298.
- Ridderinkhof, K. R., van den Wildenberg, W. P. M., Segalowitz, S. J., & Carter, C. S. (2004). Neurocognitive mechanisms of cognitive control: The role of

- prefrontal cortex in action selection, response inhibition, performance monitoring, and reward-based learning. *Brain and Cognition*, 56, 129–140.
- Roche, R. A. P., Garavan, H., Foxe, J. J., & O'Mara, S. M. (2005). Individual differences discriminate event-related potentials but not performance during response inhibition. *Experimental Brain Research*, 160(1), 60-70.
- Rodd, J. M., Davis, M. H., & Johnsrude, I. S. (2005). The neural mechanisms of speech comprehension: fMRI studies of semantic ambiguity. *Cerebral Cortex*, 15, 1261--1269.
- Rodriguez-Fornells A., Rotte M., Heinze H. J., Nösselt T., Münte T. F. (2002). Brain potential and functional MRI evidence for how to handle two languages with one brain. *Nature*, 415, 1026–1029.
- Roger C., Benar C. G., Vidal F., Hasbroucq T., Burle B. (2010). Rostral Cingulate Zone and correct response monitoring: ICA and source localization evidences for the unicity of correct- and error-negativities. *Neuroimage* 51, 391–403
- Sanford, A. J., Leuthold, H., Bohan, J., Sanford, A. J. S. (2011). Anomalies at the borderline of awareness: an ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 514–523.
- Sanford, A. J. S., Sanford, A.J., Molle, J., & Emmott, C. (2006). Shallow processing and attention capture in written and spoken discourse. *Discourse Processes*, 42(2), 109–130.
- Scheffers, M. K., & Coles, M. G. H. (2000). Performance monitoring in a confusing world: Error-related brain activity, judgments of response accuracy, and types of errors. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26(1), 141- 151.
- Scheffers, M. K., Coles, M. G. H., Bernstein, P., Gehring, W. J., & Donchin, E. (1996). Event-related brain potentials and error- related processing: An analysis of incorrect responses to go and no-go stimuli. *Psychophysiology*, 33(1), 42-53.
- Schneider, W., & Chein, J. (2003). Controlled & automatic processing: Behavior, theory, and biological mechanisms. *Cognitive Science*, 27, 525–559.

- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing. II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84(2), 127–190.
- Sebastian-Gallés, N., Rodriguez-Fornells, A., Diego-Balaguer, R de., & Diaz, B. (2006). First- and second-language phonological representations in the mental lexicon. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(8), 1277–1291.
- Severens, E., & Hartsuiker, R. J. (2009). Is there a lexical bias effect in comprehension monitoring? *Language and Cognitive Processes*, 24, 910–927.
- Shafto, M., & MacKay, D. L. (2000). The Moses, mega-Moses, and Armstrong illusions: Integrating language comprehension and semantic memory. *Psychological Science*, 11, 372 – 378.
- Shafto, M. A., & MacKay, D. G. (2010). Miscomprehension, meaning, and phonology: The unknown and phonological Armstrong illusions. *European Journal of Cognitive Psychology*, 22, 529 – 568.
- Shalgi S., & Deouell, L. Y. (2012). Is any awareness necessary for an Ne. *Frontiers in Human Neuroscience*. 6:124.
- Simões-Franklin, C., Hester, R., Shpaner, M., Foxe, J.J., & Garavan, H. (2010). Executive function and error detection: the effect of motivation on cingulate and ventral striatum activity. *Hum Brain Mapp*. 2010;31:458–469.
- Simon, O., Mangin, J.F., Cohen, L., Le Bihan, D., & Dehaene, S., (2002). Topographical layout of hand, eye, calculation, and language-related areas in the human parietal lobe. *Neuron*, 33, 475-487;
- Song, H., & Schwarz, N. (2008). Fluency and the detection of misleading questions: Low processing fluency attenuates the Moses illusion. *Social Cognition*, 26, 791–799.
- Stemmer, B., Segalowitz, S. J., Witzke, W., and Schonle, P. W. (2004). patients with lesions to the medial prefrontal Error detection in cortex: an ERP study. *Neuropsychologia*, 42, 118-130.

- Stroop, J. R. (1935). "Studies of interference in serial verbal reactions". *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662.
- Strough, J., Karns, T. E., & Schlosnagle, L. (2011), Decision-making heuristics and biases across the life span. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1235, 57–74.
- Umanath, S., Dolan, P. O., & Marsh, E. J. (2014). Aging and the Moses illusion: Older adults fall for Moses but if asked directly, stick with Noah. *Memory*, 22, 481 – 492.
- van de Meerendonk, N., Indefrey, P., Chwilla, D.J., & Kolk, H.H.J. (2011). Monitoring in language perception: Electrophysiological and hemodynamic responses to spelling violations. *NeuroImage*, 54, 2350–2363.
- van Herten, M., Chwilla, D. J. & Kolk, H. H. J. (2006). When heuristics clash with parsing routines: ERP evidence for conflict monitoring in sentence perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(7), 1181-1197.
- van Jaarsveld, H. J., Dijkstra, T., & Hermans, D. (1997). The detection of semantic illusions: Task specific effects for similarity and position of distorted terms. *Psychological Research*, 59, 219 – 230.
- van Oostendorp, H., & de Mul, S. (1990). Moses beats Adam: A semantic relatedness effect on a semantic illusion. *Acta Psychologica*, 74, 35–46.
- van Oostendorp, H., & Kok, I. (1990). Failing to notice errors in sentences. *Language & Cognitive Processes*, 5, 105–113.
- Vidal, F., Hasbroucq, T., Grapperon, J., Bonnet, M. (2000). Is the ‘error negativity’ specific to errors? *Biological Psychology* 51, 109–128.
- Vidal, F., Burle, B., Bonnet, M., Grapperon, J., Hasbroucq, T. (2003). Error negativity on correct trials: A reexamination of available data. *Biological Psychology* 64, 265–282.
- Vissers, C. T. W. M., Chwilla, D. J. & Kolk, H. H. J. (2006). Monitoring in language perception: The effect of misspellings of words in highly constrained sentences. *Brain Research*, 1106 (1), 150-163.

- Wang, L., Hagoort, P., & Yang, Y. (2009). Semantic illusion depends on information structure: ERP evidence. *Brain Research, 1282*, 50–56.
- Waters, G. S., & Caplan, D. (2001). Age, working memory, and on-line syntactic processing in sentence comprehension. *Psychology and Aging, 16*, 128–144.
- Wessel, J. R. (2012). Error awareness and the error-related negativity: Evaluating the first decade of evidence. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*, 88.
- Wimmer, I.H., Hutzler, I.H., Wiener, C., 2002. Children with dyslexia and right parietal lobe dysfunction: event-related potentials in response to words and pseudowords. *Neuroscience Letters, 331*, 211–213.
- Yano, M., Tateyama, Y., & Sakamoto, T. (2015). Is subject-gap preference universal? An experimental study of cleft constructions in Japanese, *University of Pennsylvania Working Papers in Linguistics 21*, 1-10.
- Yano, M., Tateyama, Y., Kim, Y., & Sakamoto, T. (2014). An ERP study of Japanese causative cleft constructions in context, In P. Bello, M. Guarini & B. Scassellati (Eds.) *Proceedings of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 3131-3136). Austin TX: Cognitive Science Society.
- Ye Z., Zhou X. (2008). Involvement of cognitive control in sentence comprehension: evidence from ERPs. *Brain Research, 1203*, 103–1151.
- Ye Z., Zhou X. (2009). Executive control in language processing. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 33*, 1168–1177.
- Yntema, D. B. (1963). Keeping track of several things at once. *Human Factors, 5*, 7–17.
- Yonelinas, A. P., & Jacoby, L. L. (2012). The process-dissociation approach two decades later: Convergence, boundary conditions, and new directions. *Memory & Cognition, 40*(5), 663-680.

ANEXOS

Anexo A

Tabela A1: Frases utilizadas na tarefa de verificação e características controladas

Frase	Tipo	Tamanho	Posição da palavra crítica	Tema
A água congela quando o termóstato marca zero graus	Ilusão	9	6	natureza
A conhecida Nutella é uma mistura deliciosa de chocolate e noz	Ilusão	11	11	comida
A ébola é uma doença grave provocada por uma bactéria que causa hemorragias internas	Ilusão	14	10	quotidiano
As copas são um dos cinco naipes das cartas de jogar	Ilusão	11	6	desporto
Cappuccino é uma famosa bebida francesa preparada com café e leite	Ilusão	11	6	comida
Dama de Ferro é o nome dado à primeira-ministra irlandesa Margaret Thatcher	Ilusão	13	11	política
É Barack Obama o notório presidente latino dos Estados Unidos da América	Ilusão	12	7	política
É depois de comermos que levantamos a mesa e tiramos a loiça da máquina	Ilusão	14	10	quotidiano
É devido à força do mar que se dá o processo de erosão fluvial	Ilusão	14	14	natureza
É durante a época de vindimas que se esmagam as passas para fazer vinho	Ilusão	14	11	quotidiano
É durante o Ramadão que muitos peregrinos judeus visitam Meca	Ilusão	10	8	religião

É em Belém que estão monumentos como a Torre de Belém e o Mosteiro de São Jorge	Ilusão	17	14	geografia
É na Páscoa que os cristãos celebram a crucificação de Cristo	Ilusão	11	9	comemorações
É nas aventuras de Peter Pan que a elfo Sininho o acompanha	Ilusão	12	9	contos
É no basquetebol que o objetivo é marcar golos no cesto do adversário	Ilusão	13	9	desporto
É no mundo aquático que a baleia é dos maiores peixes que existe	Ilusão	13	11	animais
É no museu do Louvre que está o retrato de Mona Lisa que Miguel Ângelo pintou	Ilusão	16	14	literatura/pintura
É no Santo António de Lisboa que se compram manjericos e se comem carapaus	Ilusão	14	14	comemorações
É no Vaticano que o fumo da chaminé é branco antes de se escolher um novo Papa	Ilusão	17	11	religião
É nos anos bissextos que fevereiro tem 29 dias em vez de 30	Ilusão	13	13	quotidiano
É nos computadores que o disco rígido é o software de armazenamento de dados	Ilusão	14	12	quotidiano
É numa conhecida história que o lobo mau deita abaixo a terceira casa dos porquinhos	Ilusão	15	12	contos
É o Pai Natal que tem um fato vermelho e um saco com prendas de aniversário	Ilusão	16	16	comemorações
É o símbolo dos Jogos Olímpicos que é representado por sete aros	Ilusão	12	11	história recente
É para sobreviver no deserto que o dromedário tem duas bossas	Ilusão	11	8	animais
Foi a 11 de setembro que terroristas islâmicos atacaram as torres gémeas em Washington DC	Ilusão	12	11	história recente
Foi a Alice que a temida rainha de espadas mandou cortar a cabeça	Ilusão	13	9	contos
Foi a bomba atómica que destruiu por completo as cidades de Hiroshima e Osaka	Ilusão	14	14	história recente
Foi a notável Cleópatra que seduziu o imperador grego Júlio César	Ilusão	11	9	história

Foi ao cair num grande buraco que Alice foi parar à Terra do Nunca	Ilusão	14	12	contos
Foi durante o Inverno que uma nova bactéria foi responsável pela Gripe A	Ilusão	13	8	quotidiano
Foi em biologia que Charles Darwin formulou as leis da genética moderna	Ilusão	12	11	história recente
Foi na mitologia que o herói Ulisses foi derrotado pelo seu calcanhar	Ilusão	12	7	literatura/pintura
Foi no 25 de abril que se colocaram cravos nos canos de pistolas como símbolo da paz	Ilusão	17	13	história recente
Foi nos anos 60 que os Beatles se tornaram o mais popular grupo de nacionalidade americana	Ilusão	16	16	música/cinema/TV
Foi o 11 de setembro que teve como principal responsável Saddam Hussein	Ilusão	12	11	história recente
Foi o escritor Fernando Pessoa que se notabilizou pelos seus vários ortónimos	Ilusão	12	12	literatura/pintura
Foi o malvado lobo mau que na história dos três ursinhos deitou as casas abaixo	Ilusão	15	11	contos
Foi Peter Pan que levou várias crianças para o País das Maravilhas	Ilusão	12	10	contos
Foi Pitágoras que estabeleceu o teorema sobre a relação entre os lados de um rectângulo	Ilusão	15	15	história
Foi quando se picou no fuso que a branca de neve adormeceu	Ilusão	12	9	contos
Foram dois os animais de cada espécie que Moisés levou na sua arca	Ilusão	13	9	religião
Leite, queijo e lã são alguns dos produtos que a cabra fornece	Ilusão	12	11	animais
Nas palavras cruzadas, linhas na vertical e diagonal cruzam-se umas com as outras	Ilusão	13	8	desporto
O EuroMilhões é o maior prémio mensal sorteado na Europa	Ilusão	10	7	quotidiano
O primeiro homem que em 1969 pisou a lua foi Louis Armstrong	Ilusão	12	11	história recente
O turismo é a principal atividade da ilha açoriana de Porto Santo	Ilusão	12	9	geografia

Quando o Furacão Katrina assolou os EUA muitos sobreviventes foram enterrados	Ilusão	11	9	história recente
São os invasores romanos que Astérix derrota com o seu amigo Panoramix	Ilusão	12	12	desenhos animados
Tribunal é a instituição onde as testemunhas são julgadas	Ilusão	9	7	quotidiano
As bicicletas são o meio de transporte mais rápido da atualidade	Falsa	11	9	quotidiano
Dá-se o nome de avalanche a uma grande e destruidora bola de areia	Falsa	13	13	natureza
É a Família Flinstone que tem um robot como animal de estimação	Falsa	12	8	desenhos animados
É com amêndoas e ovos coloridos que se celebra o dia das Bruxas	Falsa	13	11	comemorações
É com pinheiros enfeitados e luzes que se celebra a Páscoa	Falsa	11	11	comemorações
É com vinho tinto, açúcar e frutas que se fazem caipirinhas	Falsa	11	11	comida
É devido ao aquecimento global que se observam alterações financeiras muito grandes	Falsa	12	10	natureza
É devido aos seus canais e gôndolas que a cidade italiana Berlim é mundialmente conhecida	Falsa	15	12	geografia
É em Paris que encontramos a Torre de Pisa que tornou o engenheiro Eiffel muito conhecido	Falsa	16	7	geografia
É em Portugal que o dia da criança é celebrado em novembro	Falsa	11	11	comemorações
É em Tom e Jerry que um rato é perseguido por um coiote	Falsa	13	13	desenhos animados
É em veículos como automóveis que o travão serve para controlar a direção	Falsa	13	8	quotidiano
É fazendo xeque-mate que se ganha uma partida de dominó	Falsa	10	10	desporto
É na história da Pequena Sereia que a protagonista sonha ter cabelo	Falsa	12	12	contos
É na história de Ali Babá que se fala dos 40 mentirosos	Falsa	12	12	contos

É na história de Peter Pan que este luta contra o seu inimigo Godzilla	Falsa	14	14	contos
É no continente africano que fenómenos como a neve são muito comuns	Falsa	12	9	geografia
É no filme Dumbo que conhecemos a história de um pequeno pinguim	Falsa	12	12	desenhos animados
É no Japão que a língua mais falada é o espanhol	Falsa	11	11	geografia
É no Jardim Zoológico que se podem ver algumas espécies raras de girassóis	Falsa	13	13	quotidiano
É no litoral português que as pessoas tomam banho no oceano Índico	Falsa	12	12	geografia
É no Reino Unido que a atual rainha se chama Beatriz	Falsa	11	11	história recente
É no sistema solar que o planeta mais próximo do Sol é a Lua	Falsa	14	14	natureza
É nos Lusíadas que se conta a descoberta do caminho marítimo para Marte	Falsa	13	13	literatura/pintura
É numa orquestra que o maestro é responsável por dirigir os políticos	Falsa	12	12	quotidiano
É o Zorro que se veste com uma capa verde e usa uma espada	Falsa	14	10	desenhos animados
É para poder comer que a girafa tem um nariz muito grande	Falsa	12	10	animais
É por não terem pernas que as cobras têm de voar para se movimentarem	Falsa	14	11	animais
É quando Pinóquio diz mentiras que o seu pescoço começa a crescer	Falsa	12	9	contos
Foi com o livro "Frei Luís de Sousa" que o escritor Gabriel García Márquez se destacou	Falsa	16	12	literatura/pintura
Foi em 1755 que ocorreu um grande terramoto em Braga	Falsa	10	10	história
Foi em Camarate que um desastre de avião vitimou o político português Cavaco Silva	Falsa	14	13	história recente
Foi Marilyn Monroe que ficou conhecida por ser uma pintora	Falsa	10	10	música/cinema/TV

Foi no século dezoito que Maria Antonieta foi rainha da Alemanha	Falsa	11	11	história
Foi nos anos 90 que Bill Clinton foi presidente dos Emirados Árabes Unidos	Falsa	13	11	política
Foi o livro "Os Maias" que se tornou a obra mais conhecida de Natália Correia	Falsa	15	14	literatura/pintura
Foi o marido da Carochinha que morreu caindo dentro de um poço	Falsa	12	12	contos
Foi o muro de Berlim que durante décadas separou a capital norueguesa	Falsa	12	12	história recente
Foi pelo seu conservadorismo que Salazar se destacou no mundo do cinema	Falsa	12	12	história recente
Foi quando Portugal aderiu ao euro que a sua moeda deixou de ser a libra	Falsa	15	15	história recente
Na esgrima, o combate entre adversários é feito com uma raquete	Falsa	11	11	desporto
O desportista Luís Figo foi um dos maiores nadadores do mundo	Falsa	11	9	desporto
O direito de voto é garantido quando um cidadão faz 20 anos	Falsa	12	11	quotidiano
O elefante é um animal da selva que tem uma grande juba	Falsa	12	12	animais
O livro sagrado da igreja católica é designado de Alcorão	Falsa	10	10	religião
O Pai Natal é uma invenção da multinacional Iced Tea	Falsa	10	9	história recente
O português Paulo Portas tem-se distinguido como um pintor no panorama nacional	Falsa	12	9	história
Popeye é o nome de um polícia de histórias de banda desenhada	Falsa	12	7	desenhos animados
São doze as passas que se devem comer na noite de São João	Falsa	13	12	comemorações
Triatlo é uma modalidade desportiva composta por natação, ciclismo e ballet	Falsa	11	11	desporto
A dieta vegan não inclui produtos de origem animal	Verdadeira	9		quotidiano

Alguns dos ingredientes base para fazer um bolo são a farinha, ovos e açúcar	Verdadeira	14	quotidiano
As cervejas portuguesas mais conhecidas são a Super Bock e a Sagres	Verdadeira	12	quotidiano
Barbie é o nome da boneca americana mais vendida em todo o mundo	Verdadeira	13	desenhos animados
É a um conjunto de cães que se dá o nome de matilha	Verdadeira	13	animais
É com um arco e flechas que Cupido faz com que as pessoas se apaixonem	Verdadeira	15	literatura/pintura
É da Colômbia que se exportam produtos como as bananas e o café	Verdadeira	13	geografia
É das flores que as abelhas retiram o pólen para fazerem o mel	Verdadeira	13	natureza
É devido aos seus efeitos devastadores que os tornados são tão temidos	Verdadeira	12	natureza
É durante o inverno que animais como os ursos hibernam	Verdadeira	10	animais
É durante o mês de agosto que muitas famílias vão de férias	Verdadeira	12	quotidiano
É em França que todos os anos se organiza o festival de Cannes	Verdadeira	13	geografia
É em tendas que os artistas de circo atuam	Verdadeira	9	quotidiano
É na Biblioteca Nacional que se encontra a maior coleção de obras publicadas no país	Verdadeira	15	quotidiano
É na celebração das aparições que muitos peregrinos cristãos visitam Fátima	Verdadeira	11	religião
É na faixa de Gaza que têm ocorrido confrontos entre israelitas e palestinianos	Verdadeira	13	história recente
É na lenda do Rei Artur que conhecemos o mago Merlin	Verdadeira	11	contos
É na música "Atirei o pau ao gato" que a Dona Chica se assusta	Verdadeira	14	música/cinema/TV
É na Rússia que se podem visitar cidades como Moscovo e São Petersburgo	Verdadeira	13	geografia

É na serie infantil Pokemon que ficamos a conhecer Pikachu	Verdadeira	10	música/cinema/TV
É na torre de uma catedral que vive o Corcunda de Notre-Dame	Verdadeira	12	contos
É no dia 6 de janeiro que se comemora o Dia dos Reis	Verdadeira	13	comemorações
É no feriado internacional de 1 de maio que se celebra o dia do Trabalhador	Verdadeira	15	comemorações
É no filme Sozinho em Casa que um menino é esquecido pela família no Natal	Verdadeira	15	música/cinema/TV
É no horário de Verão que o dia tem mais horas do que a noite	Verdadeira	15	quotidiano
É no jogo Angry Birds que se atiram pássaros contra porcos verdes	Verdadeira	12	desenhos animados
É no Palácio de Buckingham que vive a família real britânica	Verdadeira	11	política
É no telejornal que podemos ouvir as notícias mais marcantes do dia	Verdadeira	12	quotidiano
É nos Estados Unidos que os principais partidos são o Republicano e o Democrata	Verdadeira	14	política
É o gato Garfield que gosta muito de dormir a sesta e de comer lasanha	Verdadeira	15	desenhos animados
É o prato bitoque que se come com batata frita e ovo estrelado	Verdadeira	13	comida
É o tom de pele azul que torna os Smurfs inconfundíveis	Verdadeira	11	desenhos animados
É pelos seus longos cabelos loiros que Rapunzel é conhecida	Verdadeira	10	contos
É por ser diferente dos outros patinhos que o patinho feio é ignorado	Verdadeira	13	contos
Era em Roma que o Coliseu exibia combates entre gladiadores	Verdadeira	10	história
Foi Albert Einstein que desenvolveu a importante teoria da relatividade	Verdadeira	10	história recente
Foi na cidade de Coimbra que D. Dinis mandou construir a primeira universidade de Portugal	Verdadeira	15	história

Foi na década de 60 que nasceu o movimento hippie	Verdadeira	10	história recente
Foi na política que Lenine se destacou como líder da revolução russa	Verdadeira	12	política
Foi Sancho Pança quem acompanhou Dom Quixote nas suas aventuras	Verdadeira	10	literatura/pintura
Foram três os desejos que Aladino pediu ao Génio depois de esfregar a lâmpada mágica	Verdadeira	15	contos
Foram três os reis magos que visitaram Jesus após o seu nascimento	Verdadeira	12	religião
O Algarve é uma zona no sul do país que atrai muitos turistas anualmente	Verdadeira	14	geografia
O Carnaval mais conhecido em Portugal é o de Torres Vedras	Verdadeira	11	comemorações
O Empire State Building é um dos edifícios mais icónicos de Nova York	Verdadeira	13	geografia
O Google é um dos motores de busca mais utilizados no mundo inteiro	Verdadeira	13	quotidiano
O primeiro Rei de Portugal foi D. Afonso Henriques	Verdadeira	9	história
O Principezinho é um dos grandes clássicos da literatura infantil	Verdadeira	10	literatura/pintura
Os citrinos como a laranja e o limão são conhecidos por terem muita vitamina C	Verdadeira	15	quotidiano
Para poderem sobreviver, a maior parte das plantas precisa de água e luz solar	Verdadeira	14	natureza

Anexo B: Lista das perguntas utilizadas no teste de conhecimento

A conhecida Nutella é feita de chocolate e que fruto seco?

A que arquipélago pertence a ilha de Porto Santo?

A que classe de animais pertencem as baleias?

A que naípe pertencia a rainha que mandou cortar a cabeça a Alice?

A que época festiva são referentes as prendas que estão no saco do Pai Natal?

A água congela quando estão marcados zero graus em que instrumento?

Além de Hiroshima, que outra cidade japonesa foi destruída pela bomba atómica?

Com que frequência é sorteado na Europa o EuroMilhões?

Como se chama o Mosteiro que podemos encontrar em Belém?

Como se chama o amigo de Astérix que o ajuda a derrotar os invasores romanos?

Como se chama o homem que em 1969 foi o primeiro a aterrar na lua?

Como se chama o local onde Alice foi parar depois de cair num grande buraco?

Como se chamam as pessoas que são julgadas em tribunal?

De que nacionalidade era a primeira-ministra Margaret Thatcher, conhecida como Dama de Ferro?

De que região era o imperador Júlio César?

De que religião são os peregrinos que visitam Meca durante o Ramadão?

Depois de comermos e levantarmos a mesa o que fazemos à loiça?

Em que cidade estavam as torres gémeas que foram atacadas no 11 de Setembro?

Em que direções se cruzam as linhas nas palavras cruzadas?

Em que história o malvado lobo mau deita casas abaixo?

Em que tipo de armas foram colocados cravos no 25 de Abril?

O escritor Fernando Pessoa notabilizou-se pelo uso de nomes fictícios como se fossem autores reais. Que nome se dá a estes autores fictícios?

O objetivo do basquetebol é marcar o quê no cesto do adversário?

Pitágoras estabeleceu um teorema sobre a relação entre os lados de que figura geométrica?

Qual era a nacionalidade do popular grupo Beatles?

Qual é a nacionalidade da famosa bebida Cappuccino?

Qual é a origem étnica do presidente norte-americano Barack Obama?

Qual é o nome do local para onde Peter Pan levou várias crianças?

Quando se escolhe um novo Papa no Vaticano, em que momento é que o fumo da chaminé é branco?

Quantos aros tem o símbolo dos Jogos Olímpicos?

Quantos dias tem, à exceção de anos bissextos, o mês de fevereiro?

Quantos são os naipes das cartas de jogar?

Que animal do deserto tem duas bossas para sobreviver?

Que animal fornece produtos como o leite, queijo e lã?

Que casa(s) dos porquinhos é que o lobo mau deita abaixo?

Que evento relacionado com Cristo se celebra na Páscoa?

Que herói foi derrotado devido ao seu calcanhar na guerra de Tróia?

Que nome se dá a quem foi enterrado depois do Furacão Katrina assolar os EUA?

Que peixe se costuma comer no Santo António de Lisboa?

Que produto é esmagado na época das vindimas para fazer vinho?

Que tipo de criatura é Sininho, companheira de Peter Pan?

Que tipo de erosão é aquela que se dá devido à força do mar?

Que tipo de organismo foi responsável pela Gripe A?

Que tipo de organismo é responsável pela grave doença ébola?

Que tipo de suporte informático físico é o disco rígido dos computadores?

Quem foi o principal responsável pelo 11 de setembro?

Quem levou dois animais de cada espécie na sua arca?

Quem pintou o quadro da Mona Lisa?

Quem se picou e adormeceu quando tocava num fuso enfeitado?

Sobre que ramo da Biologia é que Charles Darwin formulou as leis modernas?

Anexo C: Instruções da tarefa de verificação

“Vamos dar início à primeira tarefa. Vão ser apresentadas diversas frases no ecrã que descrevem factos de conhecimento geral. A tua tarefa vai ser ler atentamente e decidir se são verdadeiras ou falsas, carregando nas teclas indicadas no teclado. Assim que deres uma resposta a frase desaparecerá e surgirá uma cruz no ecrã, indicando que irá aparecer a frase seguinte. O tempo para responder é limitado, pelo que deves tentar ser o mais rápido/a possível. Deves, no entanto, ler atentamente antes de responder e tentar responder sempre. Não é possível corrigir ou voltar atrás, por isso se te enganares não te preocupes nem pares a tarefa, continua a ler e a responder. Deves evitar olhar para as teclas, por isso peço-te que coloques já os dedos médio e indicador sobre as teclas e as tentes memorizar. De forma a habituares-te às teclas e ao tempo dentro do qual deves responder vais realizar primeiro uma fase de treino com *feedback*.

A experiência está dividida em blocos e no fim de cada bloco podes fazer uma pequena pausa. O bloco seguinte só começa quando carregares na tecla de espaços. Se tiveres alguma dúvida podes chamar-me nesta altura.

Estes passos estão todos indicados ao longo da experiência. Lê todas as instruções atentamente.

Se não tens nenhuma dúvida, podes começar.”

Anexo D: Instruções da tarefa *Go/No-Go*

“Vamos dar início à segunda tarefa. Nesta tarefa irás ver 5 tipos de imagem. Em 4 delas deves carregar na tecla de espaços e na outra deves evitar dar qualquer tipo de resposta. A tarefa é muito rápida, pelo que deves estar muito atento/a e responder rapidamente. Não é possível corrigir a resposta, por isso se te enganares não te preocupes, continua a responder. A meio da experiência vai haver uma pausa e a experiência só continuará quando carregares na tecla de espaços.

Lê atentamente o ecrã de instruções e memoriza cuidadosamente cada imagem. Quando te sentires preparado/a, podes começar.”

Anexo E: Instruções da tarefa *n-back*

“Vamos agora para a terceira tarefa. Esta tarefa tem duas partes. Na primeira irás ver uma sequência de letras e deverás carregar na tecla de espaços sempre que aparecer a letra A, conforme definido nas instruções. Na segunda irás ver novamente uma sequência de letras mas desta vez deverás responder sempre que vires uma letra que seja igual à letra que apareceu imediatamente antes. Por exemplo, se aparecer a sequência “b a a” deverás responder quando aparecer a segunda letra a. Se aparecer “b a a a” deverás responder quando aparecerem a segunda e a terceira. Deves, por isso, estar muito atento/a e ambas as tarefas. Entre elas terás novamente um ecrã de pausa.

Lê atentamente os ecrãs de instruções. Se não tiveres nenhuma dúvida, podes começar.”

Anexo F: Instruções do teste de conhecimento

“Chegámos à última tarefa. Irás ver um conjunto de perguntas de escolha múltipla com 4 opções de resposta, A, B, C e D. As perguntas dizem respeito a informação que viste na primeira tarefa. Deves ler com muita atenção e responder na opção que te parece correcta, carregando nas teclas marcadas no teclado. Esta tarefa não tem tempo limite, por isso demora o tempo que precisares. Se reparares que respondeste de outra maneira na primeira tarefa não te preocupes, responde o que achares que é correcto. Nesta tarefa é muito importante que respondas com atenção.

Se não tiveres nenhuma dúvida, podes começar.”

Anexo G: Instruções gerais para a recolha de dados com EEG

“É muito importante que permaneças o mais quieto/a possível. Senta-te de forma confortável mas com os pés bem assentes no chão. O teclado vai ficar no teu colo e antes de cada tarefa deves posicionar as mãos e os dedos por cima das teclas que vais utilizar e mantê-los lá ao longo da experiência. Evita piscar os olhos o máximo que consigas, tossir e engolir. Mantém a boca ligeiramente aberta e não cerres os dentes.

Terás pausas regulares, cujo tempo é determinado por ti, para podes descansar, tossir, engolir, coçar, esticar as pernas, etc. Aproveita também para piscar os olhos.”