

PROGRESSO EM NEUROPSICOLOGIA COGNITIVA UMA DISCUSSÃO DE MODELOS FUNCIONAIS DO RECONHECIMENTO DAS PALAVRAS

**José MORAIS¹, Régine KOLINSKY^{1,2}, Cécile COLIN^{1,2}, Chotiga
PATTAMADILOK^{1,2}, Paulo VENTURA³**

¹ *Unité de Recherche en Neurosciences Cognitives (UNESCOG)
Université Libre de Bruxelles (C.P. 191), Av. F. Roosevelt 50, 1050 Bruxelles,
Belgique*

² *Fonds National de la Recherche Scientifique, Belgique*

³ *Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação, Universidade de Lisboa,
Portugal*

*Méls : jmorais@ulb.ac.be ; rkolins@ulb.ac.be ; ccolin@ulb.ac.be ; cpattama@ulb.ac.be ;
paulo.ventura@fpce.ul.pt*

Resumo

Neste artigo é primeiro esboçado o desenvolvimento da neuropsicologia cognitiva a partir da psicologia cognitiva experimental e do estudo de pacientes que apresentam lesões cerebrais, abordagens às quais se veio reunir a investigação dos processos mentais por meio da visualização de ativações cerebrais. São discutidos os princípios subjacentes aos métodos utilizados nesta última abordagem. Em seguida, o progresso em neuropsicologia cognitiva resultante da convergência de todas estas abordagens é ilustrado através do caso do reconhecimento das palavras orais e escritas, sobretudo no que respeita às interações possíveis entre os sistemas de tratamento respectivos e tendo em consideração a distinção entre estádios de tratamento.

Abstract

PROGRESS IN COGNITIVE NEUROPSYCHOLOGY: DISCUSSING FUNCTIONAL MODELS OF WORD RECOGNITION

In this paper, we first outline the development of cognitive neuropsychology starting on the basis of experimental cognitive psychology and of the study of brain-damaged patients, approaches that were joined recently by the study of mental processes through brain imaging techniques. We discuss the principles underlying the last approach. Next, the progress in cognitive neuropsychology that results from the convergence of these approaches is illustrated by the case of the recognition of spoken and written words. In particular, we discuss the possible interactions between these processing systems within a stage of processing framework.

Resumen

PROGRESO DE LA NEUROPSICOLOGÍA COGNITIVA. UNA DISCUSIÓN SOBRE LOS MODELOS FUNCIONALES PARA EL RECONOCIMIENTO DE PALABRAS

En este artículo, esbozamos primero el desarrollo de la neuropsicología cognitiva a partir de la psicología cognitiva experimental y del examen de pacientes con lesiones cerebrales, dos enfoques a los cuales se ha sumado hace poco el estudio de los procesos mentales utilizando técnicas de imágenes cerebrales. Luego, el progreso de la neuropsicología cognitiva resultando de la convergencia de estos enfoques se ilustra con el caso del reconocimiento de palabras habladas y escritas. En particular, discutamos las posibles interacciones entre estos sistemas de procesamiento en el marco de un modelo que tiene en cuenta la distinción entre etapas de procesamiento.

Résumé

PROGRÈS EN NEUROPSYCHOLOGIE COGNITIVE. UNE DISCUSSION DE MODÈLES FONCTIONNELS DE LA RECONNAISSANCE DES MOTS

Dans cet article, nous évoquons d'abord le développement de la neuropsychologie cognitive à partir de la psychologie cognitive expérimentale et de l'examen de patients cérébro-lésés, deux approches à laquelle est venue se joindre l'étude des processus mentaux au travers de techniques d'imagerie cérébrale. Nous discutons des principes sous-jacents à cette dernière approche. Ensuite, les progrès réalisés en neuropsychologie cognitive qui résultent de la convergence de ces approches sont illustrés par le cas de la reconnaissance des mots parlés et écrits. En particulier, nous discutons des interactions possibles entre ces systèmes de traitement dans le cadre d'un modèle prenant en compte la distinction entre stades de traitement.

Riassunto

PROGRESSI IN NEUROPSICOLOGIA COGNITIVA. UNA DISCUSSIONE SU I MODELLI FUNZIONALI DI RICONOSCIMENTO DELLA PAROLA.

In questo articolo tratteremo in primo luogo dello sviluppo della neuropsicologia cognitiva a partire dalla psicologia cognitiva sperimentale e dall' esame di pazienti cerebro-lesi, due approcci ai quali recentemente si è unito lo studio dei processi mentali attraverso la tecnica delle immagini cerebrali. Discuteremo dei principi alla base di questo ultimo approccio. Inoltre illustreremo i progressi ottenuti nella neuropsicologia cognitiva grazie alla convergenza di questi approcci; questo sarà illustrato dal caso del riconoscimento di parole scritte e pronunciate. In particolare, discuteremo delle possibili interazioni tra questi sistemi di trattamento nel quadro di un modello che tiene conto della distinzione tra gli stadi del trattamento.

1. Introdução

Nos anos 80 do século passado, a psicologia cognitiva, já então firmemente estabelecida (ela crescera rapidamente desde que Ulric Neisser, com o seu livro "Cognitive Psychology", de 1967, a baptizara oficialmente), deu o braço à neuropsicologia cognitiva de inspiração sobretudo europeia, que se baseava essencialmente no estudo de casos únicos ou individuais ("single case studies"). Este casamento quase consanguíneo mas altamente produtivo mantém-se. Porém,

a sua eventual pretensão à hegemonia dissolveu-se progressivamente no decorrer dos anos 90 com o desenvolvimento das técnicas de visualização da activação cerebral. Primeiro, houve o mero deslumbramento de poder observar a cores diferenças de activação entre regiões cerebrais que já podiam ser inferidas a partir dos estudos dos efeitos de lesões cerebrais e que portanto não representavam conhecimento novo; depois, estudos de activação mais orientados por hipóteses sobre os processos cognitivos começaram a permitir fazer descobertas significativas. Sinal das mudanças, aos sempre relevantes periódicos "Cognitive Neuropsychology" e "Neurocase", vieram juntar-se, no espaço da publicação científica, outros como "Journal of Cognitive Neuroscience", "Neuroimage" e "Human Brain Mapping", que comunicam a massa crescente dos trabalhos de activação cerebral. Note-se, no entanto, que há bom entendimento entre as diversas abordagens, como se verá adiante através de referências a estudos que as combinam. Contrariamente ao que em outros aspectos da vida pode ser considerado promiscuidade, no campo da ciência, e em particular da ciência cognitiva, esta conjunção multilateral é consentânea com um dos princípios da "moral" científica, a saber a necessidade de dados convergentes, e é promessa de fertilidade.

Tem havido casos de divergência flagrante entre a evidência neurofisiológica, isto é a que é obtida através das técnicas de visualização da activação cerebral, e a evidência neuropsicológica, ou seja a que é obtida através do estudo dos efeitos das lesões cerebrais. Os casos de divergência não implicam necessariamente a existência de uma contradição. Eles podem reflectir o facto de que, enquanto o estudo dos efeitos de lesões permite fazer inferências sobre as áreas cerebrais cuja integridade é *necessária* no quadro de uma certa função cognitiva, a observação de fenómenos de activação diferencial entre duas situações experimentais constitui uma indicação não da necessidade mas da *contribuição* de um certo componente cognitivo durante a realização de uma tarefa. Assim, enquanto as perturbações do conhecimento semântico estão associadas a uma patologia temporal e não frontal (Hodges *et al.*, 1995; Hodges *et al.*, 1992; Saffran e Schwartz, 1994), o córtex préfrontal esquerdo tem aparecido regularmente envolvido na actividade de recuperação semântica, por exemplo quando a tarefa consiste em pronunciar, em resposta a um substantivo, um verbo semanticamente associado (Martin *et al.*, 1995; Petersen *et al.*, 1989; Petersen *et al.*, 1990; Raichle *et al.*, 1994; Wise *et al.*, 1991). Mais recentemente, Thompson-Schill *et al.* (1998) mostraram que a evidência neurofisiológica não reflecte a recuperação semântica em si, mas um processo de selecção de informação associado a esta recuperação. De facto, estes autores examinaram pacientes com lesões frontais e verificaram que eles cometem muitos erros numa tarefa de recuperação semântica quando a resposta tem de ser seleccionada entre muitos competidores mas não quando há poucos competidores. Para além desta maior sensibilidade aos componentes cognitivos de uma função, a investigação baseada na observação de activações cerebrais apresenta outra vantagem. Ela permitiu retomar o estudo neuropsicológico dos processos cognitivos em indivíduos normais, que anteriormente estava praticamente reduzido à exploração dos fenómenos de especialização hemisférica por meio das técnicas de apresentação lateralizada de estímulos. São conhecidos os riscos de inferir os processos normais a partir do exame das perturbações destes processos na sequência de lesão cerebral, riscos que são devidos ao facto de que a lesão pode conduzir a uma reorganização funcional, com ou sem aproveitamento de uma possível plasticidade cerebral.

Até há poucos anos, os estudos de activação cerebral do tipo TEP (tomografia por emissão de positrões) ou IRMf (imagens por ressonância magnética funcional) basearam-se sobretudo na utilização do método de subtracção, inspirado no princípio de lógica subtractiva proposto pelo psicólogo holandês Donders (1868/1969) para a análise da duração dos processos mentais em situações de tempo de reacção. Quando duas tarefas diferem por um só componente, a diferença de activação cerebral observada entre as duas tarefas deveria ser atribuída a este componente. Esta inferência supõe uma especificação correcta, em termos cognitivos, dos componentes das tarefas, o que não é sempre o caso. Em Morais e Kolinsky (2000), discutimos o caso de um estudo amplamente citado na literatura que, segundo nós, se baseia numa análise incorrecta. Aqui, discutiremos sobretudo outra limitação potencial do método de subtracção. Este método assenta no postulado de "pura inserção", isto é que a inserção ou a manipulação de um componente numa tarefa não afecta o que se passa nos outros componentes. É fácil imaginar situações em que este postulado não se verifica. Assim, quando da apresentação de um estímulo de fala, o aumento da intensidade do barulho ambiente não afecta apenas a precisão da sua análise fonética mas conduz também a uma maior contribuição, para a sua identificação, do conhecimento que tem o auditor do contexto linguístico. A inserção de um componente poderia até influenciar estádios mais precoces: este seria o caso se o processo de reconhecimento de uma palavra escrita dependesse da actividade requerida, por exemplo pronunciá-la ou reter a sua significação. Com a intenção de obviar a esta limitação do método de subtracção, alguns autores recorreram a conjuntos de subtracções organizadas hierarquicamente. Assim, a activação cerebral produzida por falsos caracteres seria subtraída da activação cerebral produzida pela apresentação de uma sequência de letras formando uma não-palavra, a activação produzida pela não-palavra seria subtraída da produzida pela apresentação de uma palavra, esta última activação seria subtraída da produzida pela tarefa de dizer se a palavra rima ou não com outra palavra, e eventualmente assim por diante. Este paradigma de hierarquia de subtracções foi utilizado entre outros por Raichle *et al.* (1994) e Shaywitz *et al.* (1995). Mas a possível constatação de uma série de activações não constitui garantia da especificidade cerebral de cada componente.

Muito mais convincente é o método conjuntivo, proposto por Price e Friston (1997), que permite pôr em evidência os componentes específicos para além das interacções eventuais com outros componentes. O método conjuntivo baseia-se também num conjunto de subtracções mas o princípio é diferente do da hierarquia de subtracções. As subtracções dizem respeito a pares de tarefas que exploram o máximo de combinações possíveis de maneira a que em todas figure o componente crítico que se pretende pôr em evidência, quer isolado, quer juntamente com outros. Assim, comparando as regiões cerebrais que aparecem activadas em todas as subtracções, se houver uma área cerebral específica ao componente crítico, essa área será a que é activada em todas as subtracções. O estudo pioneiro de Price e Friston (1997) incluiu quatro pares de tarefas, portanto quatro subtracções. Foram subtraídas as activações produzidas (1) pela pronúncia de uma palavra pré-especificada, em resposta à apresentação de uma sequência de falsos caracteres, da activação produzida pela leitura em voz alta de uma palavra; (2) pela resposta "sim" à apresentação de uma pseudo-letra, da activação produzida pela apresentação de uma letra; (3) pela resposta "sim" à apresentação de um objecto, da activação produzida pela nomeação desse objecto; e (4) pela resposta "sim" à apresentação de uma cor, da activação produzida pela nomeação dessa cor. É fácil constatar que a primeira subtracção põe em evidência a recuperação do nome

(portanto da fonologia da palavra), mas também o tratamento ortográfico, de descodificação e semântico; a segunda põe em evidência a recuperação da fonologia mas também o tratamento ortográfico; e as duas últimas só a recuperação da fonologia. O único componente comum a todos os pares de tarefas é a recuperação da fonologia. Note-se que a utilização das duas últimas subtracções em vez de uma só permite retirar do componente específico de recuperação da fonologia o substrato cerebral que pudesse depender do tipo de estímulo, neste caso objecto ou cor. Os resultados mostraram que as áreas activadas em todas as subtracções são a base da região temporo-parietal esquerda, o opérculo frontal esquerdo e a linha mediana do cerebelo, áreas que, quando sofrem lesão, conduzem a distúrbios da nomeação (Mesulam, 1990). Assim, observa-se uma coerência perfeita entre os resultados deste estudo de activação cerebral, que utilizou o método de conjunção de subtracções, e as observações da patologia cerebral. Neste caso, o método foi utilizado com o objectivo de revelar áreas específicas e não áreas que envolvessem interacções do componente crítico com outros componentes. Mas, naturalmente, a identificação das áreas que se supõe estarem associadas à recuperação da fonologia mas que não seriam diferencialmente activadas em todas as subtracções deveria permitir obter informações sobre a existência ou não de eventuais interacções. Hoje em dia, este método de conjunções é utilizado num número importante de trabalhos, inclusive por exemplo no estudo das redes cerebrais envolvidas na atenção (Lipschutz *et al.*, 2002).

A determinação da "arquitectura funcional" (Shallice, 1988) de uma função implica mais do que a identificação de componentes específicos e de componentes interactivos. Implica também a definição das relações entre todos os componentes, isto é da sua conectividade funcional. A função de uma área pode aliás depender do contexto neural em que ela é activada (McIntosh, 2000). Neste sentido, os métodos de covariância na análise de dados de activação cerebral tornam possível desenhar a rede de áreas cerebrais envolvidas, e o confronto desta rede com a descrição cognitiva da função constitui, pelas concordâncias e discordâncias que forem notadas, um elemento importante de avaliação desta última. Buscando uma covariância mais dinâmica, os métodos mais recentes de visualização da actividade cerebral (por exemplo, a combinação de IRMf e de MEG – magneto-encefalografia) permitem a determinação de cartas espaço-temporais da actividade cerebral, isto é permitem observar o trabalho do cérebro de uma maneira global. Assim, Dale *et al.* (2000) observaram, durante uma tarefa de tratamento semântico de palavras escritas, uma onda inicial de actividade no córtex occipital estendendo-se rapidamente a áreas temporais, parietais e frontais com alto grau de sobreposição temporal entre diferentes áreas, o que é certamente mais coerente com modelos em cascata da actividade cognitiva do que com modelos estritamente sequenciais. Alguns autores consideram que, de modo geral, os dados de activação cerebral não permitem provar a falsidade de teorias funcionais, que não é possível, por exemplo no que respeita à leitura, rejeitar a teoria da dupla via porque não seriam encontradas activações distintas (Coltheart, no prelo), ou a teoria da via única porque se encontrariam duas vias anatómicas (Harley, no prelo). Curiosamente, este tipo de asserções epistemológicas parece esquecer a realidade da prática científica. A rejeição de teorias é, como a rejeição da hipótese nula no quadro muito mais restrito de uma experiência, uma questão de probabilidade. Não se trata de rejeitar teorias cognitivas na base de evidência anatómica ou fisiológica, mas de determinar o seu grau de verosimilhança na base da totalidade da evidência disponível a qual

inclui - visto que não há cognição sem cérebro, e que as modificações de um conduzem a modificações do outro – a evidência neuropsicológica.

A referência à neuropsicologia que acabamos de fazer exige clarificação. Como indicamos acima, tornou-se habitual designar neurociência cognitiva a nova ciência do par cognição-cérebro que utiliza a visualização da actividade cerebral, por oposição à neuropsicologia que, classicamente, estuda os efeitos cognitivos de lesões cerebrais. É neste sentido que Gazzaniga (1998, p. 5) entendeu por bem anunciar que "a psicologia morreu" ("psychology is dead"). Para Gazzaniga, as questões que a psicologia tratava tornaram-se questões que as outras ciências podem tratar. Mas, reduzindo "a questão" a "como o cérebro suscita ("enables") a mente", ele ignora a indissociável questão do que é a mente e até a questão de como a mente suscita modificações no cérebro. Enquanto considerarmos que a crítica do behaviorismo é correcta, que a mente não se identifica ao cérebro e que ela pode ser objecto de estudo científico, a psicologia vive" e a referência a ela não deveria ser excluída da designação da ciência que se ocupa do par cognição-cérebro. Por isso, continuamos a preferir, para esta ciência, e para além dos turbilhões provocados pelos avanços tecnológicos, o nome mais geral de neuropsicologia ao de neurociência.

Nesta contribuição propomos um modelo funcional do reconhecimento das palavras, englobando as palavras orais e as palavras escritas, a partir da evidência obtida tanto com os métodos experimentais da psicologia como com os métodos de visualização da actividade cerebral. Sendo o nosso objectivo *ilustrar* a produtividade engendrada pela combinação dos dois tipos de métodos, não seremos de modo nenhum exaustivos nas nossas referências à literatura. Daremos especial realce ao reconhecimento das palavras escritas, em parte porque os estudos de visualização da actividade cerebral são mais abundantes no que respeita ao reconhecimento das palavras escritas do que ao reconhecimento das palavras orais e em parte porque a convergência com os dados da psicologia cognitiva experimental é mais sistemática.

A nossa ideia central é que é necessário corrigir uma característica essencial do modelo clássico de reconhecimento das palavras, proposto por Morton (1980) e confirmado por Ellis e Young (1988) na base da evidência neuropsicológica, a saber que o tratamento da palavra escrita e da palavra falada constituem dois sistemas de tratamento independentes. Mais recentemente, Coltheart (1999) reassumiu esta característica ao propor a modularidade dos dois tratamentos e ao limitar a interactividade ao funcionamento interno dos dois módulos, o módulo relativo ao reconhecimento da palavra escrita envolvendo interacções entre o tratamento da forma física e da identidade abstracta das letras, e o módulo relativo ao reconhecimento da palavra oral envolvendo interacções entre o tratamento dos traços fonéticos e a activação lexical (ver figura 1).

Nós pensamos que existe evidência suficiente para se concluir que o reconhecimento da palavra escrita e o reconhecimento da palavra falada não são totalmente independentes. Morais e Kolinsky (2001, p.475) propuseram que há influências ortográficas no reconhecimento das palavras orais e influências fonológicas no reconhecimento das palavras escritas, mas limitadas aos estádios tardios do reconhecimento (ver figura 2).

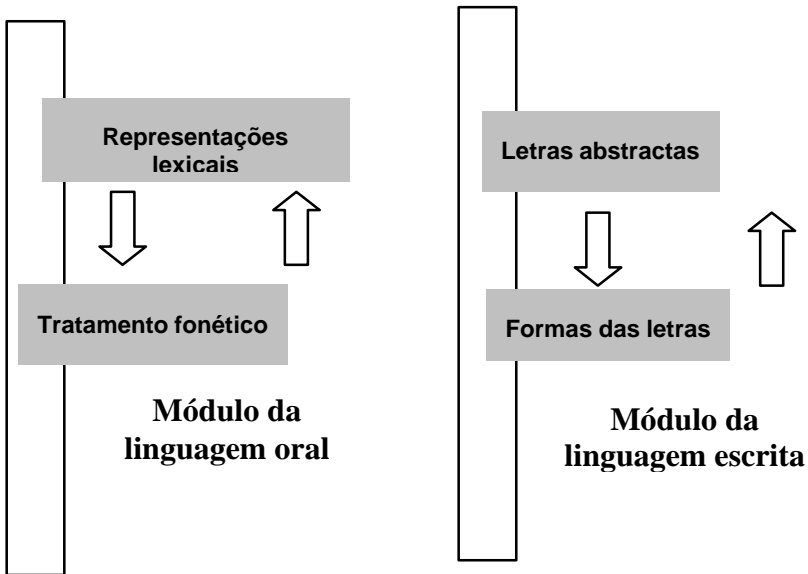


Figura 1 — Exemplos de interações entre os vários níveis de tratamento dentro de cada módulo, segundo Coltheart (1999).

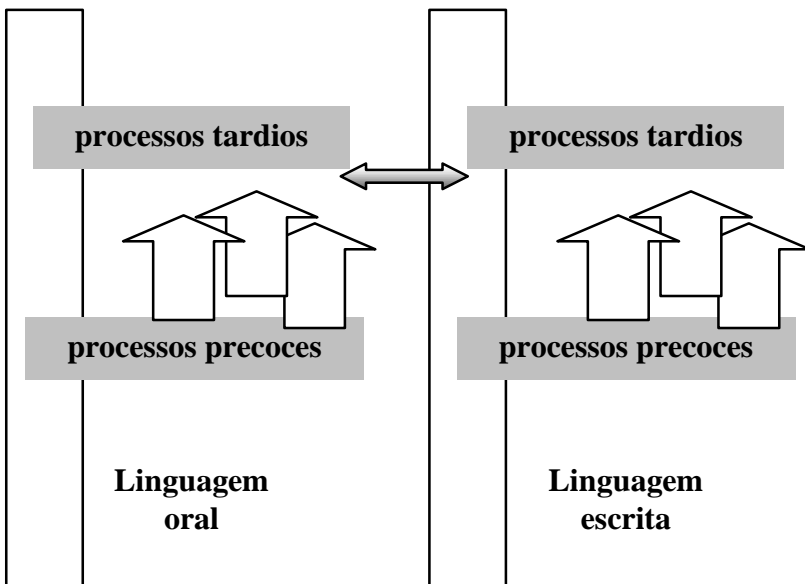


Figura 2 — Interações entre os sistemas de tratamento das palavras orais e escritas, segundo Morais e Kolinsky (2001).

No entanto, a arquitectura funcional de cada um destes sistemas de reconhecimento não é o espelho do outro. De facto, na história da espécie como na do indivíduo, a linguagem oral é uma capacidade anterior à linguagem escrita e esta constitui-se na base daquela e para a representar. Assim, embora haja influências visuais (mas não ortográficas) no tratamento precoce do sinal da fala, as influências ortográficas no reconhecimento das palavras orais só ocorrem durante a activação lexical e posteriormente, e não nos processos pré-lexicais. No caso do reconhecimento das palavras escritas, embora o tratamento inicial seja puramente ortográfico (a identificação das letras), ele admite influências fonológicas precoces e automáticas, isto é durante o tratamento pré-lexical, e pode incluir uma via fonológica adicional (a descodificação sequencial e controlada). Uma diferença importante entre os dois tipos de influência, a influência ortográfica no reconhecimento da palavra oral e a influência fonológica no reconhecimento da palavra escrita, é a seguinte. A influência ortográfica no reconhecimento da palavra oral provém do sistema de representações ortográficas utilizadas no tratamento da palavra escrita. Portanto, na sequência de uma lesão afectando este sistema, a influência ortográfica no reconhecimento da palavra oral deveria diminuir ou cessar. Ao invés, a influência fonológica no reconhecimento da palavra escrita é obra de um sistema que combina representações ortográficas e fonológicas e que se constituiu durante a aprendizagem da leitura e da escrita, dito de outro modo as representações fonológicas que intervêm no reconhecimento da palavra escrita são elas mesmas representações derivadas (isto é, transformadas, e não simples cópias) de certas representações fonológicas que intervêm no reconhecimento da palavra oral. Portanto, na sequência de uma lesão que afecta o reconhecimento da palavra oral, a utilização de representações fonológicas no reconhecimento da palavra escrita não deveria ser afectada.

2. O reconhecimento das palavras escritas

2.1. Os processos pré-lexicais

No reconhecimento das palavras escritas, as primeiras representações linguísticas a ser activadas a partir do sinal gráfico são as representações da identidade *abstracta* das letras. Esta afirmação é apoiada por evidências múltiplas, como, por exemplo, (1) o facto de que o efeito de facilitação obtido na duração da fixação n pela visão parafoveal das letras iniciais da mesma palavra na fixação $n-1$ não depende da forma física destas letras (Rayner *et al.*, 1980), (2) o facto de que o efeito de facilitação obtido na identificação de uma palavra não é afectado pela apresentação da palavra-engodo e da palavra-alvo em dois tipos de caracteres, minúsculas e maiúsculas, respectivamente (Evelt e Humphreys, 1981), e (3) o facto de que o paciente AA, examinado por Dalmás e Dansilio (2000) apresentava uma alexia visuográfica, no sentido de que era capaz de identificar a forma física das letras mas incapaz de extrair destas a sua representação gráfica, por exemplo em testes de correspondência maiúscula-minúscula ou cursiva-impressa. Os argumentos empíricos indicados acima, todos convergentes, dizem respeito a metodologias diferentes, a saber, o estudo do comportamento ocular durante a leitura, o registro de tempos de reacção em tarefas experimentais, e o exame de pacientes que apresentam um déficite de leitura na sequência de lesão cerebral. Como veremos no parágrafo seguinte, estudos recentes de visualização de activações cerebrais vão no mesmo sentido.

Segundo Polk e Farah (1998), como nos textos as letras tendem a ocorrer juntas e não misturadas com números ou outras formas, o tratamento das letras acaba, com a prática, por determinar a constituição de redes neuronais especialmente dedicadas ao tratamento destes sinais gráficos. De facto, em estudos que utilizaram quer eléctrodos implantados na superfície do córtex quer a IRMf, foi observado que certas áreas responderam mais à apresentação de letras do que à apresentação de números ou de caras (respectivamente, Allison *et al.*, 1994; e Polk *et al.*, 2002). Um estudo de Gros *et al.* (2002), utilizando potenciais evocados, mostrou que a amplitude do componente N170 em resposta ao estímulo ambíguo "O" (que pode ser interpretado como uma letra ou como uma forma geométrica) é sistematicamente inferior no hemisfério esquerdo e comparável à obtida para outras letras e sistematicamente superior no hemisfério direito e comparável à obtida para outras formas geométricas, qualquer que seja o contexto ("O" apresentado com outras letras ou com outras formas geométricas). Dito de outro modo, "O" é tratado como letra no hemisfério esquerdo e como círculo no hemisfério direito. De modo anatomicamente muito mais preciso, um estudo utilizando a TEP mostrou que a precisão de discriminação entre letras e pseudo-letras apresentadas isoladamente estava correlacionada, nos bons leitores, à actividade na área 37 de Brodmann do hemisfério esquerdo (Garrett *et al.*, 2000). Esta área do córtex extra-estriado é vizinha da área chamada da "forma lexical visual", que é activada por estruturas ortográficas.

No reconhecimento das estruturas ortográficas, não é tanto a letra mas sim o grafema (letra ou conjunto de letras associados a um único fonema) que constitui a unidade elementar. Assim, um estudo experimental utilizando uma tarefa de identificação, em que a palavra emergia progressivamente do fundo como resultado do aumento da sua luminosidade, mostrou, tanto para a língua inglesa como para a francesa, que as palavras que só contêm grafemas de primeira ordem (uma letra, um fonema) são mais dificilmente identificáveis do que as palavras que contêm grafemas de ordem mais elevada (ch, qu, an, etc.) (Rey *et al.*, 1998). Dito de outro modo, com número igual de letras, as palavras com menos grafemas são identificadas mais rapidamente, o que apoia a ideia de que o agrupamento de letras em grafemas facilita o processo de reconhecimento da palavra. Isto implica que o grafema constitui uma unidade funcional e portanto – uma vez que o grafema se define pela sua relação com o fonema – que existe uma conectividade importante entre representações ortográficas e representações fonológicas.

A partir da aquisição e utilização do processo de descodificação baseado no conhecimento das relações entre grafemas e fonemas, a habilidade de leitura desenvolve-se através da constituição de unidades linguísticas mais largas do que aquelas. Assim, há evidência, obtida analisando os tempos de identificação ou os erros observados em situações de mascaramento, de que a sílaba (por exemplo, Prinzmetal *et al.*, 1991) e a estrutura fonológica abstracta, em termos de consoante e vogal (por exemplo, Berent e Perfetti, 1995), intervêm no reconhecimento das palavras e das pseudo-palavras. Esta questão das unidades do reconhecimento das palavras escritas requer estudos orientados para a visualização de activações cerebrais. Uma das razões pelas quais tais estudos ainda não foram realizados pode ser o prestígio de que ainda goza o modelo de dupla via e o postulado avançado pelo seu principal autor, Max Coltheart, mesmo em textos recentes (cf. Jackson e Coltheart, 2001, p. 66), de que este modelo utiliza apenas um tamanho de unidade ortográfica - o grafema, e um tamanho de unidade fonológica - o fonema.

Em resumo, o reconhecimento das palavras escritas envolve a activação de representações de letras e de unidades intermediárias entre a letra e a palavra. Estas representações são, por definição, infra-lexicais. A medida em que elas são também pré-lexicais, no sentido de computadas antes da activação de representações lexicais e sem serem influenciadas por estas, é uma questão ainda não esclarecida. De qualquer modo, na medida em que o sistema de reconhecimento da palavra escrita se constitui em referência a estruturas fonológicas, parece pouco duvidoso que os processos pré-lexicais incluam tanto representações fonológicas como ortográficas. O facto de os dados apontarem para uma intervenção de grafemas (expressão gráfica de fonemas) e de estruturas definidas em termos do estatuto consonântico ou vocálico dos grafemas (portanto de uma característica fonológica), apoia claramente essa ideia. Além disso, há evidência directa de uma intervenção de representações fonológicas pré-lexicais no processo de identificação de palavras e pseudo-palavras. Rayner *et al.* (1995) mostraram que, no decurso da leitura de uma frase, uma palavra (ou pseudo-palavra) homófona da palavra-alvo, apresentada durante os 36 milésimos de segundo iniciais da fixação e imediatamente substituída por esta, suscita uma redução da fixação da palavra-alvo em comparação com a apresentação, durante os mesmos 36 milésimos de segundo iniciais, de uma palavra (ou pseudo-palavra) não homófona mas mantendo o mesmo grau de semelhança ortográfica com a palavra-alvo. Kouider e Dupoux (2001) puseram em causa a interpretação de que este efeito seria fonológico ao constatarem que uma palavra escrita apresentada de maneira subliminal afecta o reconhecimento de uma palavra escrita subsequente mas não o reconhecimento da mesma palavra apresentada auditivamente. No entanto, esta objecção só seria válida se as representações fonológicas envolvidas no tratamento das palavras escritas e no tratamento das palavras orais fossem as mesmas, o que, como veremos adiante, é uma suposição que pode ser rejeitada. Kouider e Dupoux admitiram, aliás, que poderia haver códigos fonológicos específicos do tratamento ortográfico.

2.2. Os processos lexicais

Tem havido um trabalho considerável a propósito de uma área cerebral em que parece estarem representadas as estruturas ortográficas, isto é as sequências de letras compatíveis com a língua escrita do leitor. Esta área cerebral foi chamada "sistema da forma lexical visual" ou "léxico de entrada ortográfico" (Marshall e Newcombe, 1973; Warrington e Shallice, 1980). Recentemente, Cohen e seus colaboradores (Cohen *et al.*, 2000; Cohen *et al.*, 2002; cf. também McCandliss *et al.*, 2003) propuseram que as formas lexicais visuais são representadas numa região restrita do giro fusiforme esquerdo definida pelas coordenadas de Talairach (cf. Talairach e Tournoux, 1988) $x=-43$, $y=-54$ e $z=-12$, a "visual word form area" (VWFA). Estudos utilizando a MEG mostram que a activação desta área tem lugar cerca de 150 a 200 milésimos de segundo depois da apresentação da sequência de letras (cf., por exemplo, Tarkianene *et al.*, 1999). A VWFA não é activada por palavras apresentadas auditivamente (Dehaene *et al.*, 2002), as quais activam regiões mais anteriores (Büchel *et al.*, 1998). A activação da VWFA não é afectada pelas modificações da forma física da sequência de letras e é observada mesmo quando as condições de apresentação impedem a tomada de consciência do estímulo, o que indica um alto grau de automaticidade (Dehaene *et al.*, 2001). As palavras e pseudo-palavras que alternam maiúsculas e minúsculas activam a mesma região cerebral que as palavras e pseudo-palavras que utilizam só um tipo de carácter, sugerindo assim que ela responde a estruturas ortográficas e não a

formas visualmente familiares (Polk e Farah, 2002). Assim, para Cohen, Dehaene e colaboradores, a VWFA é específica do tratamento de estruturas ortográficas.

No entanto, Price e Devlin (2003) criticam severamente esta afirmação e referem-se a resultados que mostram que a área em questão é multimodal, respondendo também a estímulos auditivos e tácteis. Price e Devlin não questionam as características acima indicadas desta área, apenas contestam que ela constitua uma área específica e sugerem que pode não haver nenhuma área cerebral específica do tratamento ortográfico. Para estes autores, o que é específico da leitura são as interações entre regiões visuais e linguísticas, cada uma das quais está implicada em muitas funções diferentes. O facto de que a leitura é uma aquisição recente na história da humanidade e o facto de que ela pode ser adquirida mesmo na idade adulta tornam improvável a hipótese de especificidade neural. Para o nosso presente propósito, no entanto, a questão da especificidade não é fundamental. O que é importante é determinar a natureza do tratamento que a VWFA subte.

A expressão "visual word form area" não é a mais adequada para designar a função (ou uma das funções) desta região do giro fusiforme esquerdo. De facto, a VWFA é activada tanto por pseudo-palavras como por palavras (Dehaene *et al.*, 2002) mas não, ou menos, por sequências de consoantes, e ela é também insensível à frequência de uso das palavras (Fiebach *et al.*, 2002). Ela é sensível, sim, à medida em que a estrutura ortográfica respeita as regras fonográficas da língua (Cohen *et al.*, 2000). Assim, é correcto dizer que nesta área são activadas ou construídas as estruturas ortográficas que servem ao acesso lexical, mas esta activação ou construção constituem ainda um processo pré-lexical, no sentido em que elas precedem o acesso lexical propriamente dito. É também neste sentido que Dehaene *et al.* (2002) intitularam o seu artigo "The visual word form area: a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus".

É possível, mas não existe a este respeito qualquer dado, que a activação da VWFA esteja na origem do fenómeno observado por Rayner *et al.* (1995), a saber que representações fonológicas pré-lexicais são activadas automaticamente, permitindo, na condição de homofonia utilizada por estes autores, uma redução da duração da fixação relativamente à não-homofonia. A ideia de que a VWFA não é puramente ortográfica (no sentido de visual abstracta) mas permite a conexão entre representações ortográficas e fonológicas estruturalmente equivalentes é coerente com a concepção segundo a qual o sistema de leitura hábil se constitui na base destas associações. É coerente também com vários dados empíricos. Assim, Shaywitz *et al.* (2002) observaram que os níveis de activação da VWFA e de outras regiões vizinhas apresentam correlações positivas com os níveis de desempenho em testes de descodificação grafo-fonológica em indivíduos de 7 a 18 anos, mesmo tendo em conta os efeitos da idade. Quanto maior é a habilidade de leitura de palavras e de pseudo-palavras, maior é a amplitude do sinal de IRMf nestas áreas. A descodificação é portanto precursora da função assumida pela VWFA e é razoável supor que esta função mantém a conexão entre representações ortográficas e fonológicas, mas agora a um nível de automaticidade e de eficácia superiores (eficácia devida sem dúvida também à passagem de um modo de tratamento sequencial a um modo de tratamento em paralelo).

Se as representações ortográficas e fonológicas que intervêm no acesso lexical são intimamente conectadas, é de esperar que ambas partilhem, ou quase, os mesmos circuitos neuronais. As activações cerebrais obtidas para palavras familiares relativamente a pseudo-palavras têm-se mostrado inconsistentes (ver revisão da

literatura em Mechelli *et al.*, 2003). Inversamente, as activações obtidas para pseudo-palavras relativamente a palavras familiares põem em evidência uma área frontal inferior posterior esquerda, no opérculo frontal esquerdo, e a parte posterior do giro fusiforme esquerdo. Não é de estranhar que a identificação de pseudo-palavras recruta mais áreas do que o reconhecimento de palavras. O reconhecimento de palavras faz-se de modo essencialmente automático, ao passo que a identificação de pseudo-palavras, além de envolver processos automáticos de conversão grafo-fonológica, pode requerer processos de descodificação controlada que garantam uma especificação precisa da sequência fonológica.

A ideia de que o tratamento ortográfico e o tratamento fonológico das palavras e das pseudo-palavras partilham as mesmas estruturas cerebrais é apoiada por um estudo de Rumsey *et al.* (1997). As tarefas utilizadas foram a pronúnciação e a decisão lexical, cada uma em duas versões. Na versão ortográfica da pronúnciação os estímulos eram palavras irregulares, e na versão fonológica eram pseudo-palavras. Na versão ortográfica da decisão lexical os sujeitos deviam indicar, entre duas sequências de letras que se pronunciam como uma palavra, qual era realmente uma palavra; na versão fonológica da mesma tarefa, os sujeitos deviam indicar qual, entre duas pseudo-palavras, soava como uma palavra existente. Os resultados mostraram diferenças de amplitude na activação cerebral em função da versão, para cada uma das tarefas, mas sem que houvesse diferenças de localização (apenas na decisão lexical houve uma activação da ínsula esquerda em versão fonológica que não se observou com a versão ortográfica). Estas últimas foram observadas, sim, entre as tarefas, isto é entre a pronúnciação e a decisão lexical. Além disso, as correlações observadas entre diferentes áreas cerebrais foram muito semelhantes nas versões ortográfica e fonológica de cada tarefa. Parece portanto que os tratamentos ortográficos e fonológicos fazem parte de uma rede neuronal comum.

A região occipito-temporal inferior do hemisfério esquerdo parece estar afectada nos indivíduos disléxicos. Num estudo utilizando a magnetoencefalografia, Salmelin *et al.* (1996) observaram que adultos disléxicos não activaram esta área ou mostraram uma resposta tardia e de instalação mais lenta comparados com sujeitos controle que produziram uma activação abrupta cerca de 180 milésimos de segundo a partir da apresentação de uma palavra. Como consequência provável desta diferença, os disléxicos também não mostraram a forte activação do lobo temporal evidenciada pelos sujeitos controle no intervalo entre 200 e 400 milésimos de segundo. Mas, neste mesmo intervalo, os disléxicos activaram o córtex frontal inferior esquerdo, incluindo a área de Broca, cedo demais para que se trate de articulação silenciosa. Segundo os autores, esta activação pode ser devida a tentativas de adivinhar a palavra apresentada (esta região é geralmente activada no decurso da geração mental de palavras), isto é ao recurso a uma estratégia "top-down" para compensar a insuficiência do tratamento "bottom-up". Actualmente, atribui-se aos disléxicos uma anomalia das capacidades fonológicas. Este défice fonológico afectaria o desenvolvimento nos disléxicos de um sistema eficaz de tratamento das estruturas ortográficas. Um estudo mais recente da mesma equipa (Tarkiainen *et al.*, 2003) permitiu verificar que a falta de activação occipito-temporal não reflecte um funcionamento mais geral desta região, visto que tanto a resposta mais precoce (cerca de 100 milésimos de segundo depois do aparecimento do estímulo) que reflecte a análise visual geral como a resposta específica à apresentação de uma cara (que intervém cerca de 150 milésimos de segundo depois do aparecimento desta) são normais nos indivíduos disléxicos. Outro estudo da equipa dos Shaywitz *et al.* (2003) mostrou que, entre os disléxicos, aqueles que

fizeram progressos revelaram uma insuficiente activação das regiões posteriores do hemisfério esquerdo, o que não acontece para aqueles que mantiveram o seu baixo nível de leitura. No entanto, estes últimos não apresentaram a conectividade funcional dos leitores normais entre a região occipito-temporal e o giro frontal inferior, ambos no hemisfério esquerdo, mas antes uma conectividade entre a primeira região e áreas pré-frontais direitas geralmente associadas à recuperação de informação a partir da memória. Assim, nos disléxicos severos, a área occipito-temporal não teria a mesma função que nos leitores normais mas seria um componente de uma rede de memória baseada provavelmente na aprendizagem de cor. Como se vê, as correlações entre activações podem ser mais instrutivas a respeito da natureza de um tratamento do que a similitude do nível de activação numa certa região.

O decurso do reconhecimento das palavras escritas pode ser acompanhado através da magnetoencefalografia. Aproximadamente 250 milésimos de segundo depois do início da apresentação do estímulo há um cume de actividade nas partes posteriores do córtex temporal superior esquerdo que reflecte a sensibilidade à frequência sub-lexical (Pylkkänen *et al.*, 2002): uma probabilidade fonotáctica elevada manifesta-se através de uma redução desta actividade e do tempo de reacção em decisão lexical. Este componente não é sensível à frequência lexical (Embick *et al.*, 2001). Cem milésimos de segundo depois, há outro componente, mais anterior, que parece reflectir ainda a sensibilidade à frequência sub-lexical mas também já reflectir a sensibilidade à frequência lexical (Embick *et al.*). No entanto, ele ainda não reflecte a sensibilidade à competição entre as representações activadas pela palavra, averiguada através do efeito potencial da densidade das palavras "vizinhas" (Pylkkänen *et al.*). Naturalmente, é só depois do léxico mental ter sido activado que intervém a selecção da palavra, isto é o seu reconhecimento.

2.3. Os processos pós-perceptivos

Os processos que se seguem ao reconhecimento ou percepção consciente do estímulo ou das suas partes devem ser considerados como sendo processos pós-perceptivos. Neste sentido, a descodificação grafo-fonológica sequencial e controlada é um processo pós-perceptivo, visto que ela opera de maneira intencional sobre representações perceptivas conscientes de unidades gráficas e fonológicas.

As activações produzidas por pseudo-palavras que não têm lugar aquando da apresentação de palavras, nas mesmas condições e para as mesmas tarefas (decisão lexical, pronunciação, etc.), podem ser interpretadas como reflectindo processos intencionais de descodificação grafo-fonológica. A leitura de pseudo-palavras activa de maneira mais alargada o giro frontal inferior esquerdo do que a leitura de palavras (Hagoort *et al.*, 1999). A porção posterior do giro temporal superior esquerdo também intervém neste processo, como se pode inferir do facto que a sua estimulação eléctrica provoca (em pacientes) uma incapacidade para ler pseudo-palavras mas não para ler palavras irregulares (Simos *et al.*, 2000). Esta região também não é activada nos disléxicos, contrariamente ao que acontece nos leitores normais, durante tarefas de leitura que implicam operações de análise e síntese dos elementos grafo-fonológicos (Shaywitz *et al.*, 1998). É de notar que o giro temporal superior esquerdo intervém, juntamente com outras regiões como a área de Broca, na análise intencional de expressões da fala em fonemas (cf., entre outros, Démonet *et al.*, 1992; Zatorre *et al.*, 1992).

Ao invés, Hagoort *et al.* (1999) constataram que a activação do giro temporal mediano é mais forte, bilateralmente, para as palavras do que para as pseudo-palavras, reflectindo sem dúvida a activação das representações semânticas correspondentes. Para Binder *et al.* (2003), que obtiveram sensivelmente os mesmos resultados, é no nível semântico de representação que a identificação das palavras tem lugar. As regiões que obtêm a maior activação no contraste palavra menos pseudo-palavra são justamente aquelas que em outros estudos (Mummery *et al.*, 1998; Poldrack *et al.*, 1999; Price *et al.*, 1997; Roskies *et al.*, 2001) se mostram implicadas no tratamento semântico. Além disso, Binder *et al.* observaram que estas áreas do sistema semântico são sensíveis à manipulação da densidade dos vizinhos: o seu nível de activação era mais elevado para as palavras sem vizinhos do que para as palavras com vizinhos. É importante ter em conta que, até aqui, os estudos de visualização de activações cerebrais não têm conseguido pôr em evidência uma área que seja o equivalente de um léxico ortográfico, isto é em que estariam depositadas as formas ortográficas das palavras familiares (cf. a meta-análise de 35 estudos realizada por Jobard *et al.*, 2003). A necessidade de um tal léxico não está demonstrada e esta questão mantém-se portanto em aberto.

No leitor normal, os processos automáticos de tratamento de pseudo-palavras podem conduzir à activação de representações semânticas (cf. Price *et al.*, 1997), embora estas não acarretem uma identificação que seria errónea. Em certos pacientes com dislexia adquirida, esta identificação errónea acontece. Assim, analisando 32 casos de dislexia fonológica descritos na literatura, Fiez e Petersen (1998) verificaram que 7 tinham lesões frontais (limitadas a estas regiões ou estendendo-se ao córtex temporal ou parietal) e que em todos excepto um havia uma tendência a responder com palavras às pseudo-palavras escritas apresentadas. Ao contrário, em quatro dos 5 disléxicos fonológicos com lesões limitadas a regiões posteriores no hemisfério esquerdo a tendência era para produzir pseudo-palavras incorrectas. Julgamos poder interpretar este padrão oposto de resultados da seguinte maneira. Nos pacientes com lesões frontais, os erros reflectem a activação de representações semânticas a partir da estrutura ortográfica das pseudo-palavras, que não são inibidas pelas instâncias de controle localizadas nas regiões anteriores do cérebro. Nos pacientes com lesões posteriores, os processos de tratamento da estrutura ortográfica estão afectados e o sujeito utiliza processos de descodificação grafo-fonológica sequencial e controlada de eficácia limitada.

Tendo distinguido entre, por um lado, processos grafo-fonológicos pré-lexicais e automáticos e, por outro lado, processos grafo-fonológicos sub-lexicais mas subsequentes à percepção consciente dos sinais gráficos, e portanto controlados e sequenciais, convém retomar a questão de saber se as representações fonológicas envolvidas no tratamento das palavras escritas (sejam essas representações de um ou do outro tipo) e no tratamento das palavras orais são as mesmas. A nossa posição é de que não são. O argumento principal é o seguinte. Nos casos de surdez verbal pura, em que o tratamento da fala é severamente perturbado na sequência de lesões temporais superiores, sem que haja, ou em muito menor grau, dificuldades no tratamento dos sons não verbais, observa-se em geral uma boa manutenção das habilidades de leitura e escrita (cf., entre outros, Hemphill e Stengel, 1940; Klein e Harper, 1956). É o caso também da agnosia fonológica auditiva, em que se observa uma incapacidade selectiva para a repetição e escrita sob ditado de pseudo-palavras (não de palavras), em contraste com a leitura de pseudo-palavras (Beauvois *et al.*, 1980). Se as representações fonológicas que intervêm no

tratamento da fala, ou parte destas, intervissem também de maneira crítica na leitura, esta dissociação tão flagrante não seria possível.

3. O reconhecimento das palavras orais

Nesta secção apenas tratamos das influências visuais, em particular ortográficas, sobre a percepção e o reconhecimento das palavras orais.

3.1. Os processos pré-lexicais

A percepção fonética não é apenas a consequência do tratamento do estímulo acústico, ela toma também em consideração as informações visuais sobre os movimentos da boca do locutor. A integração audiovisual da informação relativa à fala é demonstrada pelo efeito McGurk-MacDonald, isto é pelo facto de que, por exemplo, a informação visual sobre a produção de /ba/ conduz a que um estímulo acústico referente a /ga/ seja frequentemente percebido como /da/ (McGurk e MacDonald, 1976). Este tipo de integração audiovisual difere de outros pela sua muito menor sensibilidade às disparidades temporais e espaciais entre o estímulo visual e o estímulo auditivo, o que se pode compreender pela relativa dificuldade que pode ter o auditor em fazer corresponder exactamente as duas informações no tempo e pelo carácter precoce e automático do efeito que faz com que este ocorra antes da intervenção dos mecanismos da atenção espacial (Green e Gerdeman, 1995; Green e Kuhl, 1989). Os estudos de visualização da activação cerebral mostram que a exposição à cara do locutor provoca um aumento de actividade numa rede que envolve várias áreas do cérebro, occipitais, temporais, parietais e frontais (Calvert *et al.*, 2000), e que a situação de congruência entre as informações auditivas e visuais conduz a uma maior activação do sulco temporal superior relativamente à situação de incongruência (MacSweeney *et al.*, 2000). É interessante notar que a informação auditiva relativa ao sinal da fala e congruente com a informação visual afecta também regiões occipitais que se ocupam do tratamento do movimento (áreas V5) (Calvert *et al.*). No mesmo sentido, Jones e Callan (2003) obtiveram resultados que sugerem que a apresentação precoce do estímulo auditivo da fala (400 milésimos de segundo antes do estímulo visual) conduz a uma modulação da actividade nas regiões visuais.

Este último estudo utilizou a MMN ("Mismatch Negativity"), um componente negativo de discordância nos potenciais evocados engendrado por um processo de comparação entre um estímulo repetido, cujas características físicas são retidas na memória sensorial auditiva, e um estímulo diferente, sendo a função deste processo orientar o organismo para eventuais mudanças. A MMN é observada ao nível do córtex temporal superior com uma contribuição do córtex pré-frontal (Giard *et al.*, 1990). Vários estudos mostraram que a MMN é sensível a mudanças especificamente fonéticas. Isto é, ela depende não tanto da distância acústica entre os dois estímulos como do facto dos dois estímulos atravessarem a fronteira fonética entre duas categorias (Dehaene-Lambertz, 1997; Winkler *et al.*, 1999). O desenvolvimento deste fenómeno é precoce. Cheour *et al.* (1998) observaram que, aos seis meses de idade, as crianças estónias e finlandesas apresentaram uma MMN com a mesma amplitude independentemente do contraste caracterizar ou não a sua língua. Porém, com um ano de idade, só o contraste específico da língua conduziu à MMN. Colin *et al.* (2002) forneceram uma ilustração de como a MMN pode ser utilizada para testar hipóteses sobre as propriedades de um fenómeno

mental, neste caso sobre a precocidade do estágio de tratamento responsável pela integração das informações audiovisuais da fala. Eles mostraram que a MMN pode ser evocada por sílabas audiovisuais incongruentes (conduzindo à ilusão de McGurk-MacDonald) que só diferem das sílabas congruentes em termos de articulação visual, embora a MMN não seja suscitada por uma mudança articulatória isolada. Assim, na condição audiovisual, sendo o som constante através de toda a sequência, a MMN resulta da significação fonética que é conferida ao som pela combinação deste com a visão do movimento articulatório. Como se sabe que a MMN é um componente que intervém antes do exercício da atenção (e.g., Alho *et al.*, 1997; Näätänen, 1988; Kropotov, Näätänen *et al.*, 1995; Paavilainen *et al.*, 1995), a sua observação nestas condições demonstra que a integração audiovisual dos sons da fala tem lugar num nível perceptivo precoce.

Apesar da percepção fonética envolver o tratamento de informações auditivas e visuais (quando estas últimas são disponíveis), não existe evidência de que ela seja influenciada pelo conhecimento ortográfico. Os estudos de visualização das activações cerebrais ainda não examinaram tais influências, mas os estudos comportamentais com sujeitos iletrados conduziram a resultados negativos. Assim, os sujeitos iletrados não diferem dos sujeitos letrados na percepção categorial dos sons da fala, na fusão dicótica de traços fonéticos e na migração da consoante inicial em situação de escuta dicótica numa língua em que esta consoante foi demonstrada ser uma unidade perceptiva (cf. Morais e Kolinsky, 2002 para uma síntese destes dados). É importante salientar que o último resultado tem lugar apesar de os iletrados serem incapazes de se representar conscientemente consoantes de maneira isolada.

3.2. Os processos lexicais

Existe actualmente uma forte evidência de que o conhecimento ortográfico influencia o reconhecimento das palavras orais. No entanto está em curso um debate sobre a questão de saber se os efeitos ortográficos se restringem às representações lexicais e pós-perceptivas ou se elas podem estender-se a todo o sistema de tratamento da fala, incluindo portanto os estádios pré-lexicais.

Este debate concerne principalmente o *efeito de consistência ortográfica* observado em tarefas nas quais a ortografia é totalmente não pertinente. Ziegler e Ferrand (1998) descobriram que palavras francesas cujas rimas podem ser escritas de múltiplas maneiras (por exemplo, /)/ como em "nom", "tronc", "long", "don", "bond", "plomb") produzem latências de decisão lexical maiores do que palavras cujas rimas são escritas de uma única maneira (por exemplo, /iΣ/ como em "biché", "riche"). Estes autores interpretaram este efeito na base da hipótese de que existe um fluxo de activação bi-direccional entre a ortografia e a fonologia que seria funcional no reconhecimento das palavras tanto visuais como orais. Segundo eles, a fonologia é activada automaticamente durante a leitura, e a ortografia é activada automaticamente durante o tratamento da fala. Esta ideia é claramente expressa no título do seu artigo, a saber que a "ortografia modela a *percepção* da fala" (aqui e em baixo, a tradução e o itálico são da nossa responsabilidade).

Partilhamos com Ziegler e Ferrand (1998) a ideia de um emparelhamento entre a ortografia e a fonologia. No entanto, sugerimos – e tivemos êxito ao procurar mostrar – que tais influências não são generalizadas mas, pelo contrário, se restringem a alguns aspectos do processo de reconhecimento. Em particular, a tarefa que Ziegler e Ferrand utilizaram envolve representações lexicais e é também considerada como

exigindo um tratamento pós-perceptivo considerável (por exemplo, Goldinger, 1996; Slowiaczek e Hamburger, 1992). Por conseguinte, o *locus* do efeito de consistência, tal como ele é observado em decisão lexical, é matéria para discussão. Este efeito, de facto, não é observado em outras tarefas que, como a de "shadowing" (repetição imediata), implicam menos as representações lexicais e também são menos contaminadas pelo tratamento pós-perceptivo (Ventura *et al.*, no prelo). Além disso, comparando duas tarefas de "shadowing" dependentes de uma tomada de decisão, não encontramos o efeito em questão quando a resposta de repetição era contingente a um critério fonémico e, pelo contrário, observámo-lo quando a resposta de repetição era contingente a um critério lexical. Assim, concluímos que os processos lexicais, mas não os sub- ou pré-lexicais, de reconhecimento das palavras orais são afectados pela consistência ortográfica.

Mais recentemente, foram obtidos dados de "priming" coerentes com esta perspectiva. Observaram-se influências ortográficas numa situação de "priming" em que havia igualdade parcial do engodo e do alvo, quer inicial (Slowiaczek *et al.*, 2003) quer final (Baum e Leonard, 1999; Leonard e Baum, 1997; Miller e Swick, 2003). No entanto, no último caso, nomeadamente em "priming" de rima, as influências ortográficas ocorreram apenas em decisão lexical e não em repetição imediata (Pattamadilok *et al.*, submetido). Conseguimos de facto mostrar que, em decisão lexical, a facilitação ortográfica pode reflectir um viés de congruência de decisão (cf. Norris *et al.*, 2002) conduzindo a respostas "sim" mais rápidas para palavras nas quais tanto a ortografia como a fonologia da rima do alvo são congruentes com as do engodo do que para aquelas em que não há congruência quer da ortografia quer da fonologia.

De modo geral, a discussão sobre a influência da ortografia no reconhecimento das palavras orais é frequentemente obscurecida por uma confusão entre as noções de representação *sub-lexical* e *pré-lexical*. As recentes observações de Ziegler *et al.* (2003) permitem ilustrar esta questão. Estes autores observaram que tanto a vizinhança fonológica como a ortográfica influenciaram as respostas de decisão lexical auditiva e de repetição imediata. Mais especificamente, uma vizinhança fonológica mais densa provocou o habitual efeito de inibição: as palavras com muitos vizinhos (isto é, palavras que diferem daquelas por um só fonema) conduziram a latências maiores e a mais erros do que as palavras com poucos vizinhos (por exemplo, Cluff e Luce, 1990; Goldinger *et al.*, 1989; Luce e Pisoni, 1998; Luce *et al.*, 1990; Vitevitch e Luce, 1998; 1999). Ao invés, uma vizinhança ortográfica mais densa conduziu a um efeito de facilitação: as palavras com muitos vizinhos ortográficos (isto é, palavras que diferem daquelas por uma só letra) conduziram a respostas mais precisas e de menor latência do que as palavras com poucos vizinhos ortográficos. Para justificar os efeitos opostos da vizinhança fonológica e ortográfica, Ziegler *et al.* sugeriram que, enquanto o efeito de vizinhança fonológica reflectiria a competição lexical entre palavras que soam parecidas, o efeito de vizinhança ortográfica reflectiria a consistência do emparelhamento sub-lexical entre a fonologia e a ortografia. Naturalmente, no contexto dos modelos de activação interactiva bi-modal, é difícil entender como é que efeitos de facilitação da vizinhança ortográfica poderiam emergir a um nível lexical, posto que o maior número de vizinhos ortográficos deveria resultar sempre em maiores níveis de inibição lateral. Ziegler *et al.* conseguiram mostrar que foi a consistência entre a fonologia e a ortografia, e não o simples número de vizinhos ortográficos, que causou o efeito de facilitação da vizinhança ortográfica: quando a variável consistência foi tida em conta nas análises de covariância, o efeito da vizinhança ortográfica desapareceu. Dito de

outro modo, muitas ortografias semelhantes ajudam a reconhecer a palavra oral, enquanto muitas ortografias diferentes tornam-na mais difícil.

Isto sugere que o efeito de vizinhança ortográfica é produzido no nível sub-lexical, o que é consistente com modelos interactivos em que o emparelhamento entre ortografia e fonologia não tem lugar apenas ao nível lexical mas também entre unidades sub-lexicais de vários tamanhos (por exemplo, Stone *et al.*, 1997; Van Orden e Goldinger, 1994; Van Orden *et al.*, 1997; Ziegler *et al.*, 1997), nomeadamente entre fonemas e letras (ou grafemas) e/ou entre corpos e rimas. No entanto, duvidamos que estes dados nos informem de algum modo a respeito do tratamento pré-lexical. Na realidade, em termos de tratamento "on-line", representação sub-lexical não significa necessariamente representação pré-lexical. Enquanto a primeira noção se refere a características *estruturais* (representação de unidades mais pequenas do que a palavra inteira), a segunda noção refere-se a uma característica em termos de *estádio de tratamento*. As representações sub-lexicais podem ser activadas antes ou depois da activação lexical ter ocorrido. Que as representações sub-lexicais recebam activação a partir do léxico é uma ideia largamente aceite que parece ser necessária para explicar vários fenómenos que têm lugar quer com palavras escritas quer com palavras orais (cf. por exemplo o efeito de superioridade de palavra no reconhecimento de letras, Cattell, 1886; Reicher, 1969, como conceptualizaram McClelland e Rumelhart, 1981; mas ler Paap *et al.*, 1982, para um ponto de vista diferente; e, por exemplo, no tratamento da fala, a mudança de identificação lexical ou "efeito Ganong" na categorização fonética, Ganong, 1980; para revistas da literatura, ler McQueen, 1996, e Serniclaes *et al.*, 1995). Assim, o que Ziegler *et al.* (2003) demonstraram é um efeito de consistência ao nível sub-lexical (estrutural), mas eles não demonstraram que este efeito ocorre precocemente no decurso do tratamento, isto é de maneira pré-lexical.

Ziegler *et al.* (2003) admitiram a possibilidade de uma outra interpretação dos seus dados, baseada na ideia de que a aprendizagem da ortografia pode alterar de maneira permanente a maneira como as pessoas percebem a linguagem oral. Mais especificamente, eles referiram-se ao modelo de reestruturação lexical, segundo o qual, no desenvolvimento da linguagem, à medida que mais palavras são adquiridas, as crianças começam a representar palavras num nível estrutural cada vez mais fino (Garlock *et al.*, 2001; Metsala e Walley, 1998; Storkel, 2002). A reestruturação segmental ocorreria numa base item-por-item: o grau de segmentação para um dado item lexical dependeria entre outros factores da densidade do espaço fonológico, isto é, do número de vizinhos fonológicos. As palavras que se encontram em vizinhanças mais densas seriam mais susceptíveis de sofrerem uma reestruturação lexical do que as palavras que se encontram em vizinhanças esparsas (Metsala, 1997; Storkel, 2002). Ziegler *et al.* (2003) propuseram alargar a lógica da reestruturação lexical à densidade de vizinhança ortográfica: durante o processo de aprendizagem da leitura e da escrita, as relações de semelhança no seio do sistema ortográfico seriam utilizadas para reestruturar, especificar e organizar as representações lexicais. Se aceitarmos esta ideia, então "prediríamos que a semelhança lexical *no seio do sistema ortográfico* tem um papel a desempenhar no reconhecimento das palavras orais, não tanto durante uma fase de activação "on-line" do reconhecimento da palavra mas durante um processo "off-line" de estruturação e especificação das representações lexicais" (p. 790). Assim, os vizinhos ortográficos seriam benéficos porque permitiriam que o sistema desenvolva melhores (isto é, mais segmentais, mais invariantes) representações fonológicas e "não teriam de estar activos durante o tratamento on-line" (p. 791).

Como Ziegler *et al.* (2003) observaram, visto que todas as medidas psicolinguísticas são baseadas em tarefas nas quais processos operam em representações, é muito difícil testar a hipótese de reestruturação contra uma concepção interactiva que supõe um feedback "on-line". Apraz-nos notar que o mesmo debate tem tido lugar no que respeita aos dados de certos pacientes. Em particular, Miller e Swick (2003) estudaram dois pacientes que sofriam de alexia pura. Neste síndrome, a leitura está perturbada mas a escrita mantém-se intacta, e estes pacientes aléxicos revelaram um enorme efeito do comprimento das palavras (quanto maior o número de letras das palavras, maior a latência de nomeação, cf. Miozzo e Caramazza, 1998), o que mostra que a sua capacidade de tratamento em paralelo de seqüências de letras estava afectada, obrigando-os a recorrer a um método laborioso, letra por letra, de reunião das letras individuais para soletrar uma palavra. Não obstante, Miller e Swick observaram, numa experiência de "priming" em decisão lexical, que estes pacientes apresentaram uma vantagem da semelhança ortográfica e fonológica sobre a semelhança exclusivamente fonológica, de modo que respondiam mais depressa aos alvos que rimam em pares tais como "tell-bell" do que em pares como "drawn-gone". De maneira crucial, ambos os pacientes tinham uma lesão nas áreas 19 e 37 de Brodmann, nomeadamente nas mesmas áreas do giro fusiforme esquerdo que se demonstrou serem activadas por palavras e pseudo-palavras (Cohen *et al.*, 2000; 2002; Dehaene *et al.*, 2002). Diversas interpretações são possíveis. Ou se considera que nestes pacientes a VWFA era acessível através da fonologia num modo top-down mas não através dos estímulos escritos num modo bottom-up (por exemplo, devido a uma desconexão entre o sistema de análise da forma das letras e o sistema da forma lexical visual), ou se considera que os efeitos de "priming" baseados na ortografia não são necessariamente devidos ao acesso "on-line" de códigos ortográficos, mas são "uma consequência colateral de aprender a ler uma língua cuja ortografia é inconsistente" (Miller e Swick, p. 986). Em particular, isto pode reflectir diferenças, em termos de memória a longo prazo, na estabilidade ou força das representações fonológicas que seriam devidas à ortografia, por exemplo à importância do conhecimento da distinção ataque-rima na aprendizagem da leitura em inglês (cf. Goswami, 1999).

3.3. Os processos pós-perceptivos

Mesmo se o debate a propósito da origem dos efeitos ortográficos nas representações lexicais ou sub-lexicais está longe de ser resolvido, o que é certo é que a ortografia influencia as intuições que os indivíduos têm sobre a linguagem oral. Além disso, parece que esta influência se estabelece rapidamente desde o início da aquisição da língua escrita, embora o impacto do conhecimento ortográfico possa aumentar à medida que as crianças se tornam leitoras mais fluentes (Ehri e Wilce, 1980; Treiman e Cassar, 1997; Zecker, 1991).

Assim, numa tarefa de contagem de fonemas, as crianças tendem a fazer erros de sobre-estimação ortográfica considerando que "letras silenciosas" teriam correspondentes fonémicos: por exemplo, contam /πιτΣ/ como tendo cinco fonemas, enquanto contam /pιτΣ/ como tendo quatro, devido ao número de letras nas formas escritas correspondentes, "pitch" vs. "rich" (Ehri e Wilce, 1979; ver também Moats, 1994, para dados com adultos). Castles *et al.* (2003) mostraram que tanto os adultos como as crianças acham mais fácil fazer subtracções de fonemas ou inversões quando há uma correspondência directa entre as letras e os sons alvo (por exemplo, tirar o /p↔/ de "struggle") do que quando não há (por exemplo, tirar o /ω↔/ de "squabble"). A influência dos nomes das letras tanto sobre a habilidade das crianças

para associar a escrita e a fala (Treiman *et al.*, 1996) como sobre os juízos sobre sons (Treiman e Cassar, 1997) constitui outro exemplo de influência ortográfica. De facto, tanto as crianças como os adultos universitários consideram que sílabas compostas de dois fonemas contêm menos sons quando correspondem a nomes de letras do que quando não correspondem (por exemplo, / αp / vs. / $\alpha \mu$ /; Treiman e Cassar, 1997). Também se observam estratégias ortográficas nas crianças e nos adultos japoneses em várias tarefas metafonológicas (Mann, 1986; Nakamura *et al.*, 1998; Spagnoletti *et al.*, 1989).

A consciência de unidades da fala de mais alto nível, tal como a rima, também está sujeita a influências ortográficas. Num estudo que inspirou muitos outros, Seidenberg e Tanenhaus (1979) mostraram que o tempo necessário para decidir que duas palavras orais rimam é mais curto quando as suas formas escritas são semelhantes (TOAST-ROAST) do que quando não são (TOAST-GHOST), e que o efeito oposto aparece para as decisões negativas, que são mais rápidas para LEAF-REF do que para LEAF-DEAF (ver também Donnenwerth-Nolan *et al.*, 1981). Tanto dados comportamentais (McPherson *et al.*, 1997; Pearson e Barron, 1986; 1989; Rack, 1985; Zecker, 1991) como de potenciais evocados (Coch *et al.*, 2002) mostram que esses efeitos ortográficos sobre os juízos de rima ou não rima aparecem cedo e estão presentes em todo o caso a partir de 7 anos de idade.

Os juízos fonológicos acerca da estrutura da sílaba também são modulados pelos laços entre a fonologia e a ortografia. De facto, Ventura *et al.* (2001) mostraram que as operações explícitas e intencionais utilizadas para fundir duas palavras monossilábicas CVC (cf. Treiman, 1983; 1986) em uma nova palavra CVC são determinadas pela presença de um "e" mudo final: neste caso, os participantes parecem conceptualizar as palavras CVC como dissílabos (por exemplo, PELE), levando a fusões CVC (ataque mais núcleo vs. coda), ao passo que CVC (ataque vs. rima) era a fusão preferida para as palavras escritas com uma consoante final (monossílabos ortográficos, por exemplo, MEL).

Infelizmente, tanto quanto sabemos, nenhuma investigação sistemática foi realizada sobre a activação cerebral correlacionada com os efeitos ortográficos no reconhecimento das palavras orais, quer ao nível pré-lexical, quer lexical, quer pós-perceptivo. No entanto, algumas sugestões existem.

Segundo Zecker *et al.* (1986), as representações ortográficas e fonológicas são integradas apenas no hemisfério esquerdo. Utilizando uma tarefa auditiva de detecção de rima, eles observaram tempos de resposta mais curtos para rimas ortograficamente similares (por exemplo, "call-hall") do que para rimas ortograficamente não similares (por exemplo, "tooth-youth") somente quando os alvos ("hall"; "youth") eram apresentados no ouvido direito. Não havia nenhuma diferença entre os ouvidos para rimas ortograficamente não similares, mas apenas uma vantagem do ouvido direito para as rimas ortograficamente similares. Segundo Zecker *et al.*, isto é devido ao facto de só o hemisfério esquerdo dispor de códigos lexicais integrados.

A literatura sugere que as representações fonológicas das palavras orais são representadas no giro temporal superior e que uma forma abstracta de representação ortográfica das palavras escritas é representada no giro fusiforme. No entanto, a literatura é menos clara sobre quais são as regiões cerebrais que estão envolvidas na conversão inter-modal entre as representações fonológicas e ortográficas. Para examinar as regiões envolvidas no processo de conversão entre a

ortografia e a fonologia assim como para determinar se algumas regiões cerebrais podem estar envolvidas no tratamento ortográfico e fonológico independentemente da modalidade do estímulo, Booth *et al.* (2002) utilizaram uma abordagem de tarefa múltipla e de modalidade múltipla num estudo de IRMf. Mais especificamente, utilizaram duas tarefas que requerem apenas tratamento intra-modal (juízos sobre a ortografia com estímulo visual e juízos sobre a rima com estímulo auditivo) e duas tarefas que requerem tratamento inter-modal entre as representações fonológicas e ortográficas (juízos sobre a ortografia com estímulo auditivo e juízos sobre a rima com estímulo visual). Cada tarefa conduziu a uma maior activação na área de associação unimodal concordante com a modalidade do estímulo, nomeadamente o giro fusiforme (BA 19, 37) para as palavras escritas e o giro temporal superior (BA 22, 42) para as palavras orais. Em comparação com as tarefas intra-modais, as tarefas inter-modais geraram uma activação maior em regiões heteromodais posteriores incluindo os giros supramarginal e angular (BA 40, 39) e activação adicional em áreas unimodais representando o alvo da conversão, nomeadamente o giro temporal superior para a rima com estímulo visual e o giro fusiforme para a ortografia com estímulo auditivo (mais precisamente, neste último caso, numa região definida pelas coordenadas de Talairach $x=-45$, $y=-57$ e $z=-12$). Isto sugere que o giro fusiforme trata as formas visuais das palavras, o giro temporal superior trata as formas fonológicas das palavras, e as regiões heteromodais posteriores estão envolvidas na conversão entre a ortografia e a fonologia (ver também a activações do giros supramarginal e/ou angular observadas com uma tarefa de rima e estímulo visual nos trabalhos de Lurito *et al.*, 2000; Pugh *et al.*, 1996; Xu *et al.*, 2001; Xu *et al.*, 2002). É interessante que se tenha observado mais activação no giro cíngulo anterior (BA 32) na tarefa de ortografia com estímulo auditivo do que na tarefa de rima auditiva. Como se sabe que a activação do cíngulo anterior está relacionada com a selecção para a acção e a atenção a conflitos, apesar dos autores não apresentarem dados separados para os vários tipos de pares utilizados na tarefa de ortografia com estímulo auditivo, esta activação pode estar relacionada com a dificuldade dos sujeitos para tratar os pares não similares: neste caso, os sujeitos tinham de determinar que as duas palavras não se escreviam da mesma maneira apesar de soarem de maneira semelhante (por exemplo "freight - late"). Outros estudos são necessários para esclarecer este ponto.

4. Conclusão

O conjunto de estudos revistos acima sugere que o sistema de tratamento da palavra oral e da palavra escrita só são parcialmente independentes um do outro. A independência limitar-se-ia aos processos pré-lexicais.

Assim, aquando da apresentação de palavras orais, a activação da estrutura fonológica pré-lexical, que toma em consideração não só as informações acústicas mas também as informações ópticas sobre os gestos articulatórios do locutor, não seria influenciada pelas representações ortográficas correspondentes. Do mesmo modo, aquando da apresentação de palavras escritas, a activação da estrutura ortográfica pré-lexical não seria influenciada pelas representações fonológicas correspondentes, isto é que intervêm no tratamento da linguagem oral, mas sim por representações fonológicas pré-lexicais *derivadas* destas e que foram construídas no decurso da aquisição da literacia para servir as funções da leitura e da escrita.

Na sequência da activação das estruturas fonológicas pré-lexicais, os conhecimentos lexicais (frequência de uso, densidade da vizinhança, etc) e também

certos factores supra-lexicais (contexto, expectativas) contribuiriam para determinar o reconhecimento (por definição, consciente) da palavra oral. O mesmo aconteceria no caso do reconhecimento da palavra escrita a partir da activação das estruturas ortográficas pré-lexicais. As estruturas lexicais das palavras orais e escritas, contrariamente às pré-lexicais, influenciar-se-iam mutuamente.

No caso das palavras orais como no das palavras escritas, o reconhecimento consciente pode ser objecto de um tratamento explícito. O tratamento explícito da fonologia da palavra requer as chamadas habilidades metafonológicas, que são influenciadas pelo próprio processo de aquisição da literacia e, no adulto, pelos seus conhecimentos ortográficos. De maneira correspondente, o tratamento explícito da ortografia requer o conhecimento consciente dos constituintes e dos padrões ortográficos, eles mesmos fortemente determinados pela fonologia da língua. Além disto, há que considerar também como tratamento explícito o chamado processo de descodificação grafo-fonológica (necessário em particular para ler pseudo-palavras) que inclui a conversão sequencial e controlada das estruturas ortográficas pré-lexicais nas correspondentes unidades fonológicas e a fusão progressiva destas.

Enfim, é provável que se tenha de distinguir entre a construção inconsciente, automática, de representações da estrutura pré-lexical correspondente à natureza do estímulo (fonológicas para estímulos da fala e ortográficas para estímulos escritos) e a activação deste conhecimento no quadro de tarefas de tratamento explícito, geralmente para fins de verificação ou de manipulação consciente, sem que haja modificação das representações pré-existentes. Esta distinção pode explicar o facto de que tarefas sobre um tipo de estrutura (por exemplo a ortográfica) a partir de estímulos da modalidade não correspondente (neste caso, estímulos da fala) parecem activar tanto regiões especificamente envolvidas num tratamento hetero-modal como regiões envolvidas no tratamento unimodal precoce ou próximas destas.

Referências bibliográficas

- Alho K., Escera C., Diaz R., Yago E., Serra J. M. (1997). Effects of involuntary auditory attention on visual task performance and brain activity. *Neuroreport*. 8, 3233-3237.
- Allison T., McCarthy G., Nobre A., Puce A., Belger A. (1994). Human extrastriate visual cortex and the perception of faces, words, numbers, and colors. *Cerebral Cortex*. 4, 544-554.
- Baum S. R., Leonard C. L. (1999). Automatic versus strategic effects of phonology and orthography on auditory lexical access in brain-damaged patients as a function of interstimulus interval. *Cortex*. 35, 647-660.
- Beauvois M. -F., Dérouesné J., Bastard V. (1980). Auditory parallel to phonological alexia. Terceira Conferência Europeia da "International Neuropsychological Society". Chianciano, Itália.
- Berent I., Perfetti C. A. (1995). A rose is a reez: The two cycles-model of phonology assembly in reading English. *Psychological Review*. 102, 146-184.
- Binder J. R., McKiernan K. A., Parsons M. E., Westbury C. F., Possing E. T., Kaufman J. N., Buchanan L. (2003). Neural correlates of lexical access during visual word recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 15, 372-393.
- Booth J. R., Burman D. D., Meyer J. R., Gitelman D. R., Parrish T. B., Mesulam M. M. (2002). Functional anatomy of intra- and cross-modal lexical tasks. *NeuroImage*. 16, 7-22.

- Büchel C., Price C., Friston K. (1998). A multimodal language region in the ventral visual pathway. *Nature*. 394, 274-277.
- Calvert G. A., Campbell R., Brammer M. J. (2000). Evidence from functional magnetic resonance imaging of crossmodal binding in the human heteromodal cortex. *Current Biology*. 10, 649-657.
- Castles A., Holmes V. M., Neath J., Kinoshita S. (2003). How does orthographic knowledge influence performance on phonological awareness tasks? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 56 A, 445-467.
- Cattell J. M. (1886). The time taken up by cerebral operation. *Mind*. 11, 220-242.
- Cheour M., Ceponiene R., Lehtokoski A., Luuk A., Allik J., Alho K., Näätänen R. (1998). Development of language-specific phoneme representation in the infant brain. *Nature Neuroscience*. 1, 351-353.
- Cluff M. S., Luce P. A. (1990). Similarity neighborhoods of spoken two-syllable words: Retroactive effects on multiple activation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 16, 551-563.
- Coch D., Grossi G., Coffey-Corina S., Holcomb P.J., Neville H.J. (2002). A developmental investigation of ERP auditory rhyming effects. *Developmental Science*. 5, 467-489.
- Cohen L., Dehaene S., Naccache L., Lehéricy S., Dehaene-Lambertz G., Hénaff M. -A., Michel F. (2000). The visual word form area. Spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*. 123, 291-307.
- Cohen L., Lehéricy S., Clochon F., Lemer C., Rivaud S., Dehaene S. (2002). Language-specific tuning of visual cortex? Functional properties of the Visual Word Form Area. *Brain*. 125, 1054-1069.
- Colin C., Radeau M., Soquet A., Colin F., Deltenre P. (2002). Mismatch negativity evoked by the McGurk-MacDonald effect: Evidence for a phonological representation within the auditory sensory short term memory. *Clinical Neurophysiology*. 113, 495-506.
- Coltheart M. (1999). Modularity and cognition. *Trends in Cognitive Sciences*. 3, 115-120.
- Coltheart M. (no prelo). Brain imaging, connectionism and cognitive neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology*.
- Dale A. M., Liu A. K., Fischl B. R., Buckner R. L., Belliveau J. W., Lewine J. D., Halgren E. (2000). Dynamic statistical parametric mapping: Combining fMRI and MEG for high-resolution imaging of cortical activity. *Neuron*. 26, 55-67.
- Dalmás J. F., Dansilio S. (2000). Visuographemic alexia: A new form of a peripheral acquired dyslexia. *Brain and Language*. 75, 1-16.
- Dehaene S., Dehaene G., LeClec'H G., Poline J. B., LeBihan D., Cohen L. (2002). The visual word form area: a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *NeuroReport*. 13, 321-325.
- Dehaene S., Naccache L., Cohen L., LeBihan D., Mangin J. F., Poline J. B., Rivière D. (2001). Cerebral mechanisms of word masking and unconscious repetition priming. *Nature*. 4, 752-758.
- Dehaene-Lambertz G. (1997). Electrophysiological correlates of categorical phoneme perception in adults. *NeuroReport*. 8, 919-924.
- Démonet J. -F., Chollet F., Ramsay S., Cardebat D., Nespoulous J. -L., Wise R., Rascol A., Frackowiak R. S. J. (1992). The anatomy of phonological and semantic processing in normal subjects. *Brain*. 115, 1753-1768.
- Donders, F.C. (1868/1969). On the speed of mental processes. *Acta Psychologica*. 30, 412-431.

- Donnenwerth-Nolan S., Tanenhaus M.K., Seidenberg M. S. (1981). Multiple code activation in word recognition: Evidence from rhyme monitoring. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*. 7, 170-180.
- Ehri L.C., Wilce L. S. (1979). The mnemonic value of orthography among beginning readers. *Journal of Educational Psychology*. 71, 26-40.
- Ehri L.C., Wilce L.S. (1980). The influence of orthography on readers' conceptualization of the phonemic structure of words. *Applied Psycholinguistics*. 1, 371-385.
- Ellis A. W., Young A. W. (1988). *Human Cognitive Neuropsychology*. Erlbaum: Hillsdale.
- Embick D., Hackl M., Schaeffer J., Kelepir M., Marantz A. 2001). A magnetoencephalographic component whose latency reflects lexical frequency. *Cognitive Brain Research*. 10, 345-348.
- Evett L. J., Humphreys G. W. (1981). The use of abstract graphemic information in lexical access. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 33A, 325-350.
- Fiebach C. J., Friederici A. D., Muller K., von Cramon D. Y. (2002). fMRI evidence for dual routes to the mental lexicon in visual word recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 14, 11-23.
- Fiez J. A., Petersen S. E. (1998). Neuroimaging studies of word reading. Proceedings of the *National Academy of Sciences of the United States of America*. 95, 914-921.
- Ganong W. F. (1980). Phonetic categorization in auditory word perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 6, 110-125.
- Garlock V. M., Walley A. C., Metsala J. L. (2001). Age-of-acquisition, word frequency, neighborhood density effects on spoken word recognition by children and adults. *Journal of Memory and Language*. 45, 468-492.
- Garrett A. S., Flowers D. L., Absher J. R., Fahey F. H., Gage H. D., Keyes J. W., Porrine L. J., Wood F. B. (2000). Cortical activity related to accuracy of letter recognition. *NeuroImage*. 11, 111-123.
- Gazzaniga M. S. (1998). *The Mind's Past*. University of California Press: Berkeley and Los Angeles.
- Giard M. -H., Perrin F., Pernier J., Bouchet, P. (1990). Brain generators implicated in the processing of auditory stimulus deviance: A topographic event-related potential study. *Psychophysiology*. 27, 627-640.
- Goldinger S. D. (1996). Auditory lexical decision. *Language and Cognitive Processes*. 11, 559-567.
- Goldinger S. D., Luce P. A., Pisoni D. B. (1989). Priming lexical neighbors of spoken words: Effects of competition and inhibition. *Journal of Memory and Language*. 28, 501-518.
- Goswami U. (1999). Integrating orthographic and phonological knowledge as reading develops: Onsets, rimes and analogies in children's reading. In Klein R. M., McMullen P. A. (eds.), *Converging methods for understanding reading and dyslexia*. MIT Press: Cambridge. 57-75
- Green K.P., Gerdeman A. (1995). Cross-modal discrepancies in coarticulation and the integration of speech information: The McGurk effect with mismatched vowels. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 21, 1409-1426
- Green K. P., Kuhl P. K. (1989). The role of visual information in the processing of place and manner features in speech perception. *Perception and Psychophysics*. 45, 34-42.
- Gros H., Doyon B., Rioual K., Celsis, P. (2002). Automatic grapheme processing in the left occipitotemporal cortex. *NeuroReport*. 13, 1021-1024.

- Hagoort P., Indefrey P., Brown C., Herzog H., Steinmetz H., Seitz R. J. (1999). The neural circuitry involved in the reading of German words and pseudowords: a PET study. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 11, 383-398.
- Harley T. D. (no prelo). Does cognitive neuropsychology have a future? Reflection stimulated by Rapp B.. The handbook of cognitive neuropsychology: what deficits reveal about the human mind. *Cognitive Neuropsychology*.
- Hemphill R. E. Stengel E. (1940). A study on pure word deafness. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 3, 251-262.
- Hodges J. R., Graham N., Patterson K. (1995). Charting the progression in semantic dementia - implications for the organization of semantic memory. *Memory*. 3, 463-495.
- Hodges J. R., Patterson K., Oxbury S., Funnell E. (1992). Semantic dementia - progressive fluent aphasia with temporal-lobe atrophy. *Brain*. 115, 1783-1906.
- Jackson N. Coltheart M. (2001). *Routes to reading success and failure*. Psychology Press: Hove.
- Jobard G., Crivello F., Tzourio-Mazoyer N. (2003). Evaluation of the dual route theory of reading: a metanalysis of 35 neuroimaging studies. *NeuroImage*. 20, 693-712.
- Jones J. A., Callan D. E. (2003). Brain activity during audiovisual speech perception: An fMRI study of the McGurk effect. *NeuroReport*. 14, 1129-1133.
- Klein R., Harper J. (1956). The problem of agnosia in the light of a case of pure word deafness. *Journal of Mental Science*. 102, 112-120.
- Kouider S., Dupoux E. (2001). A functional disconnection between spoken and visual word recognition: Evidence from unconscious priming. *Cognition*. 82, B35-B49.
- Kropotov J. D., Näätänen R., Sevostianov A. V., Alho K., Reinikainen K., Kropotova O. V. (1995). Mismatch negativity to auditory stimulus change recorded directly from the human temporal cortex. *Psychophysiology*. 32, 418-422.
- Leonard C. L., Baum, S. R. (1997). The influence of phonological and orthographic information on lexical access in brain-damaged patients: a preliminary investigation. *Aphasiology*. 11, 1031-1041.
- Lipschutz B., Kolinsky R., Damhaut P., Wikler D., Goldman S. (2002) Attention-dependent changes of activation and connectivity in dichotic listening. *NeuroImage*. 17, 643-656.
- Luce P. A., Pisoni D. B. (1998). Recognizing spoken words: The neighborhood activation model. *Ear and Hearing*. 19, 1-36.
- Luce P. A., Pisoni D. B., Goldinger S. D. (1990). Similarity neighborhoods of spoken words. In Altmann G.T.M. (ed.), *Cognitive models of speech processing*. MIT Press: Cambridge, MA. 122-147.
- Lurito J. T., Kareken D. A., Lowe M. J., Chen S. H. A., Mathews V. P. (2000). Comparison of rhyming and word generation with fMRI. *Human Brain Mapping*. 10, 99-106.
- MacSweeney M., Amaro E., Calvert G. A., Campbell R., David A. S., McGuire P., Williams S. C. R., Woll B., Brammer M. J. (2000). Silent speechreading in the absence of scanner noise: an event-related fMRI study. *NeuroReport*. 11, 1729-1733.
- Mann V. (1986). Phonological awareness: The role of reading experience. *Cognition*. 24, 65-92.
- Marshall J. C., Newcombe F. (1973). Patterns of paralexia: A psycholinguistic approach. *Journal of Psycholinguistic Research*. 2, 175-199.
- Martin A., Haxby J. V., Lalonde F. M., Wiggs C. L., Ungerleider L. G. (1995). Discrete cortical regions associated with knowledge of color and knowledge of action. *Science*. 270, 102-105.

- McCandliss B. D., Cohen L., Dehaene S. (2003). The visual word form area: expertise for reading in the fusiform gyrus. *Trends in Cognitive Sciences*. 7, 293-299.
- McClelland J. L., Rumelhart D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 1. An account of basic findings. *Psychological Review*. 88, 375-407.
- McGurk H., MacDonald J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*. 264, 746-748.
- McIntosh A. R. (2000). Towards a network theory of cognition. *Neural Networks*. 13, 861-870.
- McPherson W. B., Ackerman P. T., Dykman, R. A. (1997). Auditory and visual rhyme judgements real differences and similarities between normal and disabled adolescent readers. *Dyslexia*. 3, 63-77.
- McQueen J. (1996) Phonetic categorisation. *Language and Cognitive Processes*. 11, 655-664.
- Mechelli A., Gorno-Tempini M. L., Price C. J. (2003). Neuroimaging studies of word and pseudoword reading: Consistencies, inconsistencies, and limitations. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 15, 260-271.
- Mesulam M. M. (1990). Large scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language and memory. *Annals of Neurology*. 28, 597-613.
- Metsala J. L. (1997). An examination of word frequency and neighborhood density in the development of spoken-word recognition. *Memory & Cognition*. 25,47-56.
- Metsala J. L., Walley A. C. (1998). Spoken vocabulary growth and the segmental restructuring of lexical representations: Precursors to phonemic awareness and early reading ability. In Metsala J. L., Ehri L. C. (eds.), *Word recognition in beginning literacy*. Erlbaum: Hillsdale, NJ. 89-120.
- Miller K. M., Swick D. (2003). Orthography influences the perception of speech in alexic patients. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 15, 981-990.
- Miozzo M., Caramazza A. (1998). Varieties of pure alexia: The case of failure to access graphemic representations. *Cognitive Neuropsychology*. 15, 203-238.
- Moats L. C. (1994). The missing foundation in teacher education: Knowledge of the structure of spoken and written language. *Annals of Dyslexia*. 44, 81-102.
- Morais J., Kolinsky R. (2000). Neurociência cognitiva e psicolingüística: Introdução. *Palavra*. 63-74.
- Morais J., Kolinsky R. (2001). The literate mind and the universal human mind. In Dupoux E. (ed.), *Language, Brain, and Cognitive Development*. MIT Press: Cambridge, MA. 463-480.
- Morton J. (1980). The logogen model and orthographic structure. In Frith U. (ed.), *Cognitive Processes in Spelling*. Academic Press: Londres. 117-133.
- Mummery C. J., Patterson K., Hodges J. R., Price C. J. (1998). Functional neuroanatomy of the semantic system: Divisible by what? *Journal of Cognitive Neuroscience*. 10, 766-777.
- Näätänen R. (1988). Implications of ERP data for psychological theories of attention. *Biological Psychology*. 26, 117-163.
- Nakamura M., Kolinsky R., Spagnoletti C., Morais J. (1998). Phonemic awareness in alphabetically literate Japanese adults: The influence of the first acquired writing system. *Cahiers de Psychologie Cognitive/Current Psychology of Cognition*. 17, 417-450.
- Neisser U. (1967). *Cognitive Psychology*. Appleton-Century-Crofts: New York.
- Norris D., McQueen J. M., Cutler A. (2002). Bias effects in facilitatory phonological priming. *Memory & Cognition*. 30, 399-411.

- Paap K. R., Newsome S. L., McDonald J.E., Schvaneveldt R. W. (1982). An activation-verification model for letter and word recognition: the word superiority effect. *Psychological Review*. 89, 573-594.
- Paavilainen P., Saarinen J., Tervaniemi M., Näätänen R. (1995). Mismatch negativity to changes in abstract sound features during dichotic listening. *Journal of Psychophysiology*. 9, 243-249.
- Pattamadilok C., Morais M., Ventura P., Radeau M., Kolinsky R. (submetido). Phonology and orthography in spoken-word recognition: Evidence for a congruency strategy account.
- Pearson L. L., Barron R. W. (1986). Activation of orthography by beginning readers in an auditory rhyme task. Paper presented at the *Canadian Psychological Association meetings*, Toronto, Canadá.
- Pearson L. L., Barron R. W. (1989). Orthography influences beginning readers' auditory rhyme judgments. Paper presented at the *American Educational Research Association meetings*, San Francisco, Califórnia, EUA.
- Petersen S.E., Fox P. T., Posner M. I., Mintun M. A., Raichle M. E. (1989). Positron emission tomographic studies of the processing of single words. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 1, 153-170.
- Petersen S. E., Fox P. T., Snyder A. Z., Raichle M. E. (1990). Activation of extrastriate and frontal cortical areas by visual words and word-like stimuli. *Science*. 249, 1041-1044.
- Poldrack R. A., Wagner A. D., Prull M. W., Desmond J. E., Glover G. H., Gabrieli J. D. (1999). Functional specialization for semantic and phonological processing in the left inferior prefrontal cortex. *NeuroImage*. 10, 15-35.
- Polk T. A., Farah M. A. (2002). Functional MRI evidence for an abstract, not perceptual, word-form area. *Journal of Experimental Psychology: General*. 131, 65-72.
- Polk T. A., Farah M. J. (1998). The neural development and organization of letter recognition: Evidence from functional neuroimaging, computational modeling, and behavioral studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 96, 847-852.
- Polk T. A., Stallcup M., Aguirre G. K., Alsop D. C., D'Esposito M., Detre J. A., Farah M. J. (2002). Neural specialization for letter recognition. *Journal of Cognitive Neuropsychology*. 14, 145-159.
- Price C. J., Devlin J. T. (2003). The myth of the visual word form area. *NeuroImage*. 19, 473-481.
- Price C. J., Friston K. J. (1997). Cognitive conjunction: A new approach to brain activation experiments. *NeuroImage*. 5, 261-270.
- Price C. J., Moore C. J., Humphreys G. W., Wise R. S. J. (1997). Segregating semantic from phonological processes during reading. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 9, 727-733.
- Prinzmetal W., Hoffman H., Vest K. (1991). Automatic processes in word perception: an analysis from illusory conjunctions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 17, 902-923.
- Pugh K. R., Shaywitz B. A., Shaywitz S. E., Constable R. T., Skudlarski P., Fulbright R. K., Bronen R. A., Shankweiler D. P., Katz L., Fletcher J. M., Gore J. C. (1996). Cerebral organization of component processes in reading. *Brain*. 119, 1221-1238.
- Pylkkänen L., Stringfellow A., Marantz A. (2002). Neuromagnetic evidence for the timing of lexical activation: a MEG component sensitive to phonotactic probability but not to neighborhood density. *Brain and Language*. 81, 666-678.
- Rack J. P. (1985). Orthographic and phonetic coding in developmental dyslexia. *British Journal of Psychology*. 76, 325-340.

- Raichle M. E., Fiez J. A., Videen T. O., MacLeod A. M., Pardo J. V., Fox P. T., Petersen S. E. (1994). Practice-related changes in human brain functional anatomy during non-motor learning. *Cerebral Cortex*. 4, 8-26.
- Rayner K., McConkie G. W., Zola, D. (1980). Integrating information across eye movements. *Cognitive Psychology*. 12, 206-226.
- Rayner K., Sereno S. C., Lesch M. F., Pollatsek A. (1995). Phonological codes are automatically activated during reading: Evidence from an eye-movement priming paradigm. *Psychological Science*. 6, 26-32.
- Reicher G. M. (1969). Perceptual recognition as a function of meaningfulness of stimulus material. *Journal of Experimental Psychology*. 81, 274-280.
- Rey A., Jacobs A. M., Schmidt-Weigand F., Ziegler J. C. (1998). A phoneme effect in visual word recognition. *Cognition*. 68, B71-B80.
- Roskies A. L., Fiez J. A., Balota D. A., Raichle M. E., Petersen S. E. (2001). Task-dependent modulation of regions in the left inferior frontal cortex during semantic processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 13, 829-843.
- Rumsey J. M., Horwitz B., Donohue B. C., Nace K., Maisog J. M., Andreason P. (1997). Phonological and orthographic components of word recognition. A PET-fCBF study. *Brain*. 120, 739-759.
- Saffran E. M., Schwartz M. F. (1994). Of cabbages and things: Semantic Memory from a neuropsychological perspective: A Tutorial Review. In Umiltà C., Moscovitch M. (eds.), *Conscious and nonconscious information processing. Attention and Performance XV*. MIT Press: Cambridge. 507-534.
- Salmelin R., Service E., Kiesilä P., Uutela K., Salonen O. (1996). Impaired visual word processing in dyslexia revealed with magnetoencephalography. *Annals of Neurology*. 40, 156-162.
- Seidenberg M. S., Tanenhaus M. K. (1979). Orthographic effects on rhyme monitoring. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*. 5, 546-554.
- Serniclaes W., Beckmans R., Radeau M. (1995). Phonetic and lexical effects in speech perception. In Sorin C., Mariani J., Méloni H., Schoentgen J. (eds.), *Levels in Speech Communication: Relations and Interactions. A Tribute to Max Wajskop*. Elsevier: Amsterdam. 39-50.
- Shallice T. (1988). *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- Shaywitz B. A., Shaywitz S. E., Pugh K. R., Constable R. T., Skudlarski P., Bronen A., Fulbright R. K., Fletcher J. M., Shankweiler D. P., Katz L., Gore, J. C. (1995). Sex differences in the functional organization of the brain for language. *Nature*. 373, 607-609.
- Shaywitz B. A., Shaywitz S. E., Pugh K. R., Mencl W. E., Fulbright R. K., Skudlarski P., Constable R. T., Marchione K. E., Fletcher J. M., Lyon G. R., Gore J. C. (2002). Disruption of posterior brain systems for reading in children with developmental dyslexia. *Biological Psychiatry*. 52, 101-110.
- Shaywitz S. E., Shaywitz B. A., Fulbright R. K., Skudlarski P., Mencl W. E., Constable R. T., Pugh K. R., Holahan J. M., Marchione K. E., Fletcher J. M., Lyon G. R., Gore J. C. (2003). Neural systems for compensation and persistence: Young adult outcome of childhood reading disability. *Biological Psychiatry*. 54, 25-33.
- Shaywitz S. E., Shaywitz B. A., Pugh K. R., Fulbright R. K., Constable R. T., Mencl W. B., Shankweiler D. P., Liberman A. M., Skudlarski P., Fletcher J. M., Katz L., Marchione K. E., Lacadie C., Gatenby C., Gore J. C. (1998). Functional disruption in the organization of the brain

for reading in dyslexia. Proceedings of the *National Academy of Sciences of the United States of America*. 95, 2636-2641.

Simos P. G., Breier J. I., Wheless J. W., Maggio W. W., Fletcher J. M., Castillo E. M., Papanicolaou A. C. (2000). Brain mechanisms for reading: the role of the superior temporal gyrus in word and pseudoword naming. *NeuroReport*. 11, 2443-2447.

Slowiaczek L. M., Hamburger M. (1992). Prelexical facilitation and lexical interference in auditory word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*. 18, 1239-1250.

Slowiaczek L. M., Soltano E. G., Wieting S. J., Bishop K. L. (2003). An investigation of phonology and orthography in spoken-word recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 56 A, 233-262.

Spagnoletti C., Morais J., Alegria J., Dominicy M. (1989). Metaphonological abilities of Japanese Children. *Reading and Writing*. 2, 221-244.

Stone G. O., Vanhoy M., Van Orden G. C. (1997). Perception is a two-way street: Feedforward and feedback phonology in visual word recognition. *Journal of Memory and Language*. 36, 337-359.

Storkel H. L. (2002). Restructuring of similarity neighborhoods in the developing mental lexicon. *Journal of Child Language*. 29,251-274.

Talairach J., Tournoux P. (1988). *Co-planar stereotaxic atlas of the human brain*. Thieme: New York.

Tarkiainen A., Helenius P., Salmelin R. (2003). Category-specific occipitotemporal activation during face perception in dyslexic individuals: an MEG study. *NeuroImage*. 19, 1194-1204.

Tarkiainen A., Helenius P., Hansen P. C., Cornelissen P. L., Salmelin R. (1999). Dynamics of letter string perception in the human occipitotemporal cortex. *Brain*. 122, 2119-2132.

Thompson-Schill S. L., Swick D., Farah M. J., D'Esposito M., Kan I. P., Knight R. T. (1998). Verb generation in patients with focal frontal lesions: A neuropsychological test of neuroimaging findings. Proceedings of the *National Academy of Science of the USA*. 95, 15855-15860.

Treiman R. (1983). The structure of spoken syllables: Evidence from novel word games. *Cognition*. 15, 49-74.

Treiman R. (1986). The division between onsets and rimes in English syllables. *Journal of Memory and Language*. 25, 476-491.

Treiman R., Cassar M. (1997). Can children and adults focus on sound as opposed to spelling in a phoneme counting task? *Developmental Psychology*. 33, 771-780.

Treiman R., Tincoff R., Richmond-Welty E. D. (1996). Letter names help children to connect print and speech. *Developmental Psychology*. 32, 505-514.

Van Orden G. C., Goldinger S. D. (1994). Interdependence of form and function in cognitive systems explains perception of printed words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 20, 1269-1291.

Van Orden G. C., Jansen op de Haar M. A., Bosman A. M. (1997). Complex dynamic systems also predict dissociations, but they do not reduce to autonomous components. *Cognitive Neuropsychology*. 14, 131-165.

Ventura P., Kolinsky R., Brito-Mendes C., Morais J. (2001). Mental representations of the syllable internal structure are influenced by orthography. *Language and Cognitive Processes*. 16, 393-418.

Ventura P., Morais J., Pattamadilok C., Kolinsky R. (no prelo). The locus of the orthographic consistency effect in auditory word recognition. *Language and Cognitive Processes*.

- Vitevitch M. S., Luce P. A. (1998). When words compete: Levels of processing in perception of spoken words. *Psychological Science*. 9, 325-329.
- Vitevitch M. S., Luce P. A. (1999). Probabilistic phonotactics and neighborhood activation in spoken word recognition. *Journal of Memory and Language*. 40, 374-408.
- Warrington E. K., Shallice T. (1980). Word-form dyslexia. *Brain*. 30, 99-112.
- Winkler I., Lehtokoski A., Alku P., Vainio M., Czigler I., Csepe V., Aaltonen O., Raimo I., Alho K., Lang H., Iivonen A., Näätänen R. (1999). Pre-attentive detection of vowel contrasts utilizes both phonetic and auditory memory representations. *Cognitive Brain Research*. 7, 357-369.
- Wise R., Chollet F., Hadar U., Friston K., Hoffner E., Frackowiak R. (1991). Distribution of cortical neural networks involved in word comprehension and word retrieval. *Brain*. 114, 1803-1817.
- Xu B., Grafman J., Gaillard W. D., Ishii K., Vega-Bermudez F., Pietrini P., Reeves-Tyler P., DiCamillo P., Theodore W. (2001). Conjoint and extended neural networks for the computation of speech codes: The neural basis of selective impairment in reading words and pseudowords. *Cerebral Cortex*. 11, 267-277.
- Xu B., Grafman J., Gaillard W. D., Spanaki M., Ishii K., Balsamo L., Makale M., Theodore W. H. (2002). Neuroimaging reveals automatic speech coding during perception of written word meaning. *NeuroImage*. 17, 859-870.
- Zatorre R. J., Evans A. C., Meyer E., Gjedde A. (1992). Lateralization of phonetic and pitch processing in speech perception. *Science*. 256, 846-849.
- Zecker S. G. (1991). The orthographic code: Developmental trends in reading-disabled and normally-achieving children. *Annals of Dyslexia*. 41, 178-192.
- Zecker S. G., Tanenhaus M. K., Alderman L., Siqueland L. (1986). Lateralization of lexical codes in auditory word recognition. *Brain and Language*. 29, 372-389.
- Ziegler J. C., Ferrand L. (1998). Orthography shapes the perception of speech: The consistency effect in auditory recognition. *Psychonomic Bulletin & Review*. 5, 683-689.
- Ziegler J. C., Montant M., Jacobs A. M. (1997). The feedback consistency effect in lexical decision and naming. *Journal of Memory and Language*. 37, 533-554.
- Ziegler J. C., Muneaux M., Grainger J. (2003). Neighborhood effect in auditory word recognition: Phonological competition and orthographic facilitation. *Journal of Memory and Language*. 48, 779-793.

Autores

José Morais é Doutor em Ciências Psicológicas pela Universidade Livre de Bruxelas, professor de psicologia e neuropsicologia cognitivas e co-director da Unidade de Investigação em Neurociências Cognitivas da mesma Universidade. Escreveu um livro sobre a psicologia da leitura ("L'Art de Lire"). O tema da sua tese de doutoramento foi a especialização hemisférica das funções mentais. Tem publicado trabalhos sobre a aprendizagem da leitura, as habilidades metafonológicas, a dislexia, os efeitos da literacia sobre as funções cognitivas, a neuropsicologia da música, o reconhecimento da fala, a memória semântica e a memória episódica.

Régine Kolinsky é Doutora em Ciências Psicológicas pela Universidade Livre de Bruxelas e Investigadora Permanente do FNRS na Unidade de Investigação em Neurociências Cognitivas da mesma Universidade. Tem estudado os mecanismos

da atenção visual e auditiva, as habilidades metafonológicas, os efeitos da literacia sobre as funções cognitivas, os efeitos do bilinguismo sobre as funções da linguagem, a neuropsicologia da música e da semântica, o reconhecimento da fala e as relações entre os processos de tratamento da música e da linguagem.

Cécile Colin é Doutora em Ciências Psicológicas pela Universidade Livre de Bruxelas e "Chargée de Recherches" do FNRS na Unidade de Investigação em Neurociências Cognitivas da mesma Universidade. Tem estudado os mecanismos de integração audiovisual e o seu desenvolvimento, na percepção da fala e na análise da cena espacial através de métodos comportamentais e de cartografia cerebral, principalmente potenciais evocados.

Chotiga Pattamadilok é mestra em Ciências Psicológicas e da Educação pela Universidade Livre de Bruxelas, especialização em Ciências Psicológicas. « Aspirante » do FNRS, está a realizar, na Unidade de Investigação em Neurociências Cognitivas da mesma Universidade, a sua tese de doutoramento cujo tema é a influência dos conhecimentos ortográficos sobre o tratamento da fala.

Paulo Ventura é Doutor em Psicologia, Área de Psicologia Cognitiva, pela Universidade de Lisboa e professor de Psicolinguística Cognitiva e de Cognição Visual na Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa. É investigador do Centro de Psicologia Clínica e Experimental da mesma Universidade. A sua tese de mestrado teve por tema o reconhecimento da palavra falada. A sua tese de doutoramento teve por tema a organização da memória semântica.

