

Analisando os comportamentos oculares durante a leitura

Paula Luegi*

Maria Armanda Costa**

Isabel Hub Faria***

Resumo – Retomaremos o trabalho de Luegi (2006) para descrever e comentar a técnica de registo dos comportamentos oculares (*eye-tracking*) como uma das várias metodologias que permitem estudar os mecanismos cognitivos envolvidos no processamento da linguagem. Neste artigo, descrevemos as principais características dos comportamentos oculares durante a leitura e referimos, quer com base na literatura consultada quer, também, na nossa experiência, as vantagens e desvantagens desta metodologia.

Palavras-chave – Registo dos comportamentos oculares. Processamento da linguagem. Leitura.

1. Introdução

[...] *eye-movement data provide an excellent on-line indication of the cognitive processes underlying visual search and reading.* (Liversedge e Findlay, 2000:6)

Neste número dedicado aos Métodos de Pesquisa em Linguística, propomo-nos abordar algumas questões relacionadas com a técnica de registo dos comportamentos oculares (*eye-tracking*), focando, sobretudo, a sua utilização na investigação da leitura¹. Com base no trabalho de Luegi (2006)², em que recorremos a este paradigma experimental pela primeira vez (e que foi pioneiro em português), e na literatura consultada, (i) descrevemos as características dos comportamentos oculares que os tornam indicadores fiáveis do modo de

* Bolseira de Doutoramento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT). Investigadora do CLUL. E-mail: paulaluegi@fl.ul.pt.

** Professora Auxiliar do Departamento de Linguística da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Investigadora do CLUL. E-mail: armandacosta@fl.ul.pt.

*** Professora Catedrática do Departamento de Linguística da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa. Investigadora do CLUL. E-mail: ihfaria@fl.ul.pt.

¹ Esta técnica é também utilizada para analisar os comportamentos durante o visionamento de imagens ou de filmes, mas neste artigo focamo-nos apenas no registo dos comportamentos oculares durante a leitura, uma vez que este foi o paradigma experimental por nós utilizado em Luegi (2006) e que mais nos interessa na área de estudo em que nos situamos.

² Parte deste artigo tem por base o trabalho de mestrado da primeira autora, desenvolvido sob orientação da Professora Doutora Maria Armanda Costa e Professora Doutora Isabel Hub Faria, co-autoras do presente artigo.

funcionamento da mente, (ii) apresentamos em linhas gerais o trabalho experimental desenvolvido em Luegi (2006), para exemplificar, sobretudo, algumas questões relacionadas com a metodologia, e (iii) analisamos algumas das vantagens e desvantagens desta técnica.

Considerando que o processamento *on-line* da informação linguística é realizado de forma incremental, ou seja, que o material linguístico (palavras, sintagmas, etc.) vai sendo integrado e interpretado assim que é percebido, é fundamental utilizar metodologias que captem estes processos no momento em que eles ocorrem. Como veremos adiante, a análise dos movimentos oculares permite-nos perceber onde e quando o leitor sentiu dificuldades, o que fez para tentar resolver os problemas com que se deparou e, para além disso, ainda nos permite identificar que propriedades do *input* podem motivar um processamento mais ou menos fluente.

O registo dos comportamentos oculares durante a leitura é, actualmente, das metodologias experimentais mais utilizadas para investigar o funcionamento cognitivo durante o processamento da informação linguística. A análise dos padrões oculares durante a leitura sustenta-se no pressuposto de que os movimentos dos olhos reflectem eventuais dificuldades sentidas pelo leitor durante o processamento da informação linguística. Se determinada estrutura ou condição causar maiores dificuldades ao leitor e se houver sobrecarga cognitiva durante o processamento da informação, essas dificuldades serão reflectidas nos padrões oculares, alterando-os.

2. Características dos comportamentos oculares durante a leitura

Quando lemos, os nossos olhos não percorrem a linha de texto de uma forma contínua e regular da esquerda para a direita. Émile Javal, que foi quem pela primeira vez observou os movimentos oculares de um leitor, em 1878/79, verificou que, durante a leitura, os nossos olhos progredem na linha de texto por saltos, muito curtos e muito rápidos, as sacadas, a que se seguem pequenas pausas, as fixações.

As sacadas, ou movimentos sacádicos, são os movimentos oculares que realizamos com mais frequência e servem para recolher informação. Uma vez que a nossa acuidade visual é limitada, como explicaremos mais adiante, é necessário mover os olhos com bastante frequência. Na leitura, as sacadas são realizadas da esquerda para a direita (nas línguas ocidentais, ou seja, que se escrevem e lêem da esquerda para a direita e de cima para baixo) e com uma amplitude média de 7 a 9 espaços de letra³. Uma sacada dura, em média, 30 milésimos de segundo (ou milissegundos, de ora em diante, ms), na leitura, a 50 ms, na percepção de cenas/imagens. Durante as sacadas não adquirimos informação nova e nem sequer somos capazes de nos aperceber de qualquer alteração que seja realizada durante estes movimentos – fenómeno denominado de supressão sacádica (Matin, 1974). É como se a imagem visual fosse composta pelas parcelas que vamos recolhendo, apenas, nas várias pausas que realizamos.

Cerca de 15% dos movimentos sacádicos realizados durante a leitura são movimentos regressivos, ou seja, partem da direita para a esquerda, para regiões anteriores de texto, na mesma linha ou para algumas linhas acima. Estes movimentos acontecem, sobretudo, quando se registam dificuldades no processamento da informação, quer por haver informação em falta, quer por dificuldades de interpretação da estrutura.

As fixações, ou as pausas entre as sacadas, duram, em média, na leitura, 250 ms. No entanto, este valor varia segundo a tarefa que se realiza e tem também grandes variações inter e intra-individuais. Na Tabela 1 (adaptada de Rayner, 1998:373), apresentam-se os valores da duração média das fixações e da amplitude média das sacadas durante a realização de diferentes tarefas.

³ Utiliza-se espaços de letra e não caracteres por se contabilizarem também os espaços em branco entre os caracteres.

Tarefa	Duração média das fixações	Amplitude média das sacadas
Leitura silenciosa	225 ms	2° (~ 8 caracteres)
Leitura em voz alta	275 ms	1,5° (~ 6 caracteres)
Visualização de imagens	330 ms	4° (~16 caracteres)

Tabela 1 – Valores médios da duração das fixações (em milissegundos) e da amplitude das sacadas (em graus de ângulo visual) em diversas actividades.

Para além da variação da duração das fixações e da amplitude das sacadas de tarefa para tarefa, também se registam alterações nestes comportamentos em outras condições, como por exemplo, durante a leitura, por um mesmo indivíduo, de textos com diferentes graus de complexidade.

Um dos trabalhos de referência em que se analisam estas variações e em que é apresentada uma justificação para tal facto é o artigo seminal de Just e Carpenter (1980). Estes autores foram os primeiros a verificar que a duração das fixações varia segundo a complexidade da informação a ser tratada, identificando uma correlação positiva entre a complexidade do material linguístico e a duração das fixações e dos tempos de leitura. Com base nessa observação, estabeleceram dois princípios-chave para o estudo dos movimentos dos olhos durante a leitura (Just e Carpenter, 1980:330): i) o Princípio da Imediaticidade – o leitor tenta interpretar cada palavra lexical assim que ela é encontrada, mesmo correndo o risco de fazer predições erradas, ou seja, o processamento da informação é imediato. Por interpretação entende-se o processamento da palavra a nível grafo-fonológico, sintáctico e semântico; e ii) o Princípio de Ligação Olho-Mente – o olho permanece na palavra até que a palavra seja completamente processada, ou seja, o tempo de leitura de uma palavra⁴ reflecte o tempo de processamento dessa palavra. Por outras palavras, enquanto no primeiro princípio se postula que assim que se fixa uma palavra o seu processamento é iniciado, no segundo defende-se que só quando este é concluído os olhos se movem para a palavra seguinte.

⁴ O tempo de fixação de uma palavra ou região (*gaze duration*) é o correspondente a todo o tempo gasto na leitura dessa palavra/região e pode corresponder apenas ao tempo de uma fixação (se apenas houver uma fixação na palavra) ou ao somatório da duração de todas as fixações realizadas numa palavra.

Actualmente sabe-se que o processamento de uma palavra não é tão imediato como sugerido por Just e Carpenter (1980). Na verdade, o tempo de fixação de uma palavra nem sempre está exclusivamente relacionado com o seu tempo de processamento, mas, não raro, com o tempo de processamento da palavra anterior, quando inserida num contexto (efeito denominado de *spillover*⁵). Existe de facto alguma discussão sobre se o processamento de todos os níveis linguísticos (do grafo-fonológico ao semântico) ocorre durante a fixação da palavra, havendo teorias que defendem que sim e outras que defendem que apenas os níveis de informação mais baixos são processados.

Não havendo uniformidade no que respeita ao momento em que termina o processamento de uma palavra (se quando é abandonada se depois de ser abandonada), é consensual que o processamento da palavra se inicia quando esta é encontrada (no momento em que é fixada pela primeira vez) e, sobretudo, que as dificuldades sentidas no processamento de qualquer um dos níveis se reflecte, como se verá adiante, nos comportamentos oculares, quer na duração e/ou número de fixações, quer na amplitude e direcção das sacadas.

2.1. Extracção da informação durante as fixações

Toda a área abrangida pela nossa visão quando fixamos um ponto no horizonte é denominada de campo visual. O campo visual é dividido em três regiões: região foveal, região parafoveal e região periférica, de acordo com as regiões da retina sobre as quais incidem os raios de luz. Assim designa-se foveal quando os raios de luz incidem na fóvea⁶, parafoveal, quando recaem na região da parafóvea, ou periférica, quando recaem para além da parafóvea.

⁵ Considera-se que existe um efeito *spillover* quando o tempo de processamento de uma palavra é inflacionado, ou seja, quando o tempo de leitura de uma palavra contém tempo de processamento da palavra anterior. Este efeito regista-se também com outras metodologias, não sendo por isso um fenómeno relacionado com a metodologia mas sim com o processamento da linguagem.

⁶ A fóvea é a região da retina onde se projecta a imagem do objecto focado e é a zona com maior precisão no processamento de detalhes. As zonas de visão são definidas em função do progressivo afastamento, em relação à fóvea, da imagem projectada, ou seja, quanto mais a imagem (raios de luz) se afasta do centro da fóvea, menor a nitidez dessa imagem.

A zona foveal, corresponde à zona de processamento do detalhe, de onde extraímos a informação mais importante do estímulo, e abrange 2 graus de ângulo visual (note-se que, na leitura, 1 grau equivale a 3–4 caracteres). A zona parafoveal, abrangendo 5 graus à volta do ponto de fixação, é aquela de onde ainda conseguimos extrair alguma informação que possa ser relevante para o processamento do estímulo. Da zona periférica não extraímos informação útil para o processamento do detalhe.

Uma vez que, devido à supressão sacádica, é durante as fixações que se extrai informação, é fundamental perceber de onde e que quantidade de informação se extrai realmente durante uma fixação. Para responder a estas questões, McConkie e Rayner (1975) e Rayner e Bertera (1979) (cf. Rayner, 1998) desenvolveram a técnica do mostrador ocular variável (*eye-contingent display change technique*), que consiste na manipulação do estímulo visual em função da zona de fixação do olhar do sujeito⁷. O principal objectivo desta técnica é definir a janela perceptiva (*perceptual span*), ou seja, a área à volta de um ponto de fixação de onde se pode extrair informação útil, no fundo, a área de visão efectiva (Rayner e Liversedge, 2004).

Também quando lemos, ou melhor, quando fixamos um determinado ponto de uma palavra numa linha de texto, se podem identificar as três zonas do campo visual. Para além disso, na leitura, quando fazemos uma fixação, os nossos olhos recolhem mais informação da região direita do texto do que da região esquerda, durante a leitura de textos escritos em línguas ocidentais, ocorrendo o oposto com textos em línguas cuja escrita tem a orientação direita-esquerda, o que significa que esta assimetria não é uma questão meramente física.

Na leitura, a região periférica corresponde à zona de texto de onde não extraímos informação linguística relevante; temos apenas, por exemplo, percepção do fim da linha de

⁷ Nesta técnica, o estímulo visual vai sendo alterado sempre que o informante move os olhos. Uma vez que o equipamento detecta que região do ecrã o informante está a fixar, consegue-se alterar tudo o que está à volta, ou o que está a ser fixado, dependendo da técnica.

texto. Assim, as zonas de visão verdadeiramente úteis na leitura são a zona parafoveal e foveal, que criam duas regiões de extracção de informação: a zona perceptiva, correspondente à soma da região foveal e parafoveal, e a zona de identificação da palavra, que corresponde à região foveal.

A zona ou área perceptiva, ou seja, a área de onde se extrai informação relevante para a leitura, é, nos sistemas de escrita com orientação esquerda–direita, assimétrica à direita, sendo de 3–4 espaços de letra à esquerda e 14–15 espaços de letra à direita do ponto de fixação.

Apesar de a área perceptiva ser de 14–15 espaços de letra para a direita da fixação, a área de identificação da palavra (*word identification span*), ou seja, a zona de onde se extrai informação relevante para identificação da palavra, é mais reduzida, sendo apenas de 6–8 espaços de letra para a direita (mantendo-se, constantemente, os 3–4 espaços de letra para a esquerda da fixação).

Como se pode perceber pelo que foi descrito até aqui, os comportamentos oculares têm uma base eminentemente motora. Devido à limitação da acuidade visual, é necessário realizar, com frequência, por exemplo, movimentos sacádicos. No entanto, alguns factores não motores podem alterar esses comportamentos. Por exemplo, durante a leitura, para além de factores gráficos e da orientação do sistema de escrita (esquerda-direita ou direita-esquerda), também o conteúdo linguístico pode alterar os comportamentos oculares.

A influência de factores linguísticos nos padrões oculares durante a leitura tem sido bastante estudada. Sabe-se hoje que factores como o contexto em que a palavra se insere, a frequência dessa palavra, a sua extensão ou a sua estrutura fonológica e morfológica influenciam o local da primeira fixação, a existência ou não de refixações e a duração da fixação, ou fixações, na palavra. Por exemplo, a duração da fixação de determinada palavra pode ser influenciada pelo contexto em que uma palavra se insere. Quando uma palavra é previsível em determinado contexto, o seu tempo de fixação é menor do que num contexto em

que é pouco previsível. Por outro lado, uma palavra pouco frequente é quase sempre fixada e normalmente durante mais tempo do que uma palavra frequente, que pode até nem ser fixada⁸.

Frazier e Rayner (1982), num estudo em que registaram e analisaram os comportamentos oculares durante a leitura de frases temporariamente ambíguas, verificaram que as dificuldades sentidas durante o processamento da informação sintáctica levaram a um aumento do tempo de leitura na região desambiguadora e à ocorrência de regressões da região desambiguadora para regiões anteriores, numa estratégia de aparente confirmação e/ou reanálise. Os autores verificaram que, durante a leitura do SN ‘as meias’ da frase (1), temporariamente ambígua, os leitores realizaram mais regressões e demoram mais tempo a ler este SN do que a ler o mesmo SN na frase (2).

(1) *Enquanto a Maria cosia as meias caíram-lhe do colo.*

(2) *Enquanto a Maria cosia as meias caiu-lhe da cabeça o chapéu.*

Os resultados deste trabalho, para além de demonstrarem que o leitor opta pela estrutura sintáctica mais simples e que o processamento linguístico é incremental, comprovam que os comportamentos oculares são bons indicadores do processamento da informação sintáctica, ou melhor, das dificuldades que determinadas estruturas podem provocar.

Os comportamentos oculares, como exemplificámos acima, são sensíveis ao processamento de diferentes níveis de informação linguística. A observação de que os comportamentos oculares variam em função das condições linguísticas torna o registo e a análise dos movimentos oculares durante a leitura uma metodologia central na investigação do processamento da linguagem. Assume-se, com a utilização desta técnica experimental, que

⁸ Nem todas as palavras são fixadas. Geralmente, as palavras não lexicais ou funcionais, sobretudo as mais curtas, não são fixadas, o que não significa que não sejam processadas. Como durante uma fixação extraímos informação da região à volta do ponto de fixação, recolhemos informação para além da palavra fixada e ainda tomamos a decisão de onde fixar a seguir.

a análise dos comportamentos oculares nos dá indícios não só do local e de quando o leitor sentiu dificuldades, mas também da forma como o leitor lidou com essas dificuldades.

3. Trabalho experimental de Luegi (2006)

Em Luegi (2006) registámos e analisámos os comportamentos oculares de 20 informantes durante a leitura de dois dos três textos utilizados por Costa (1991)⁹. Os textos foram construídos em paralelo, sendo bastante semelhantes em termos de extensão, desenvolvimento do tema e estrutura sintáctica das frases. O controlo da construção dos textos a este nível garante que as diferenças encontradas nos padrões oculares entre textos se fique apenas a dever às manipulações introduzidas.

Como variáveis independentes analisaram-se o efeito TEMA e o efeito da Degradação do Nível Sintáctico (de ora em diante, DNS). Para testar o efeito TEMA utilizaram-se dois textos que diferem quanto ao assunto abordado: *Campo de Ourique*, um texto de tema acessível, e *O Isolamento termo-acústico*, um texto complexo tanto ao nível do tema quanto ao nível do vocabulário. Para testar o efeito da DNS, criaram-se duas versões de cada texto: uma de controlo e uma onde se introduziram algumas estruturas sintacticamente manipuladas¹⁰.

O objectivo central foi o de verificar se as variáveis manipuladas levavam a uma alteração dos comportamentos oculares, considerando que o processamento sintáctico de construções agramaticais ou ambíguas se reflectiria em um aumento dos custos de processamento.

⁹ Costa (1991) analisou, em tarefas de leitura oral, a relação entre estratégias prosódicas e o processamento do nível sintáctico

¹⁰ No total, foram usadas quatro das seis estruturas de Costa (1991): i) posposição do clítico ao verbo, em oração relativa, criando uma situação de agramaticalidade, por ser requerida a próclise; ii) omissão de clítico complemento de verbo transitivo com função de objecto directo, criando uma situação de agramaticalidade, por a grelha argumental do verbo não ser saturada; iii) posposição do Sujeito ao verbo em oração declarativa não marcada, criando uma situação de ambiguidade temporária entre uma leitura VSO, VOS ou S_(nulo)VO; iv) colocação do Sujeito em posição pré-verbal numa oração interrogativa parcial com morfema QU-simples, criando uma situação de agramaticalidade, por ser obrigatória a posposição do Sujeito.

Concretamente, as previsões eram de que os comportamentos de leitura (nas medidas descritas adiante) fossem afectados pelo TEMA e pela DNS.

Apesar de não apresentarmos neste artigo resultados, fazemos referência às variáveis independentes analisadas em Luegi (2006) para que se perceba, por exemplo, por que se mediram diferentes variáveis dependentes para avaliar o efeito da manipulação TEMA e da manipulação DNS. Como veremos adiante, enquanto que para testar o efeito TEMA se usaram medidas globais da leitura de todo o texto, para avaliar o efeito da DNS utilizaram-se vários valores da leitura das estruturas-alvo. É justamente sobre este tipo de aspectos que o presente artigo incide e por isso remetemos para Luegi (2006) e Luegi, Costa e Faria (2007) os leitores interessados em conhecer detalhadamente os resultados do trabalho desenvolvido. Assim, nas próximas secções deste artigo focar-nos-emos apenas em aspectos relacionados com a técnica de registo dos comportamentos oculares, como por exemplo, no tipo de equipamento de registo utilizado, no modo de apresentação dos estímulos e nas diferentes variáveis dependentes que se analisaram e podem analisar.

3.1. Equipamento de registo utilizado

Os movimentos dos olhos dos participantes foram registados com o modelo 504 da ASL¹¹, que tem uma velocidade de gravação de 60 Hz (ou seja, recolhe amostras a cada 17 ms de segundo, aproximadamente). Este sistema é um sistema remoto composto por uma câmara, colocada por baixo do ecrã de apresentação dos estímulos a 60 cm do sujeito, que emite um raio de luz ultravioleta e regista os pontos de reflexão dessa luz criados na córnea e na pupila. A posição do olho é calculada com base na distância entre estes dois pontos (quando o olho se move, a distância entre os pontos altera-se).

¹¹ O equipamento de registo foi financiado pela Fundação Calouste Gulbenkian.

3.2. Apresentação dos estímulos

Os textos foram apresentados num ecrã de computador, divididos em três partes. Cada parte, composta por dois parágrafos, foi apresentada num diferente *slide* de PowerPoint. Utilizou-se, como tipo de letra, o *Garamond* em tamanho 14. Este modo de apresentação foi escolhido após vários pré-testes para avaliar as melhores condições de perceptibilidade. A opção final foi também condicionada por questões técnicas, sobretudo no que respeita à apresentação dos textos. Apresentar os textos por inteiro obrigava à utilização de um tamanho de letra muito pequeno, que, por um lado, diminuía a legibilidade do texto e, por outro, tornava a análise impossível, uma vez que, no *scan-path*¹², nem sempre se conseguia identificar em que linha de texto se haviam realizado determinadas fixações por as linhas se encontrarem demasiado próximas umas das outras. A questão da legibilidade do *scanpath* obriga ainda a que se use espaçamento, no mínimo, duplo (de preferência triplo), entre as linhas de texto.

Para além de ser necessário algum cuidado na escolha do tipo e no tamanho da letra, por questões de legibilidade, o que deve ser considerado sempre que se apresentam estímulos no ecrã do computador, a utilização de equipamentos de registo dos comportamentos oculares obriga a outras cautelas. Na maior parte das situações de registo dos padrões oculares, ocorrem erros de calibração que levam a que a imagem do registo do percurso do olhar nem sempre se sobreponha claramente à linha de texto lida, podendo aparecer um pouco abaixo ou acima. Estes erros podem ocorrer por várias razões e mesmo conhecendo as limitações do equipamento nem sempre é possível evitá-los.

Antes de começar qualquer experiência com o equipamento de registo é necessário calibrá-lo. Este processo é feito para cada informante e, por vezes, repetido durante a

¹² O *scan-path* é o registo gráfico do percurso do olhar do sujeito sobreposto ao texto, ou excerto, lido. Com esta sobreposição obtém-se uma imagem em que se pode identificar, por exemplo, a sequência de fixações realizadas e onde estas ocorreram.

experiência. O processo de calibração consiste na identificação da posição do olho em alguns pontos-chave do ecrã. Para calibrar o equipamento, pede-se ao informante que fixe alguns pontos no ecrã (uma tela com números pré-definidos ou ponto que vão aparecendo aleatoriamente em diferentes regiões do ecrã); quando o informante fixa cada ponto, o equipamento memoriza a posição dos dois pontos de reflexão no olho (córnea e pupila) e associa-os a uma determinada zona do ecrã. Com base nessas coordenadas-chave, o sistema faz, posteriormente, o cálculo da posição do olho nas regiões intermédias, conseguindo reconhecer os movimentos dos olhos ao longo da leitura do texto apresentado no ecrã. Este processo é fundamental e um bom registo depende essencialmente de uma boa calibração do equipamento. Se uma boa calibração não resulta sempre em um bom registo, uma má calibração resulta necessariamente em um mau registo.

O processo de calibração está essencialmente nas mãos do observador e é dele que depende quase todo o sucesso deste processo (actualmente este processo é, em quase todos os equipamentos, feito automaticamente, mas tempos houve em que exigia do observador uma perícia apenas conseguida com bastante prática). No entanto, outros factores podem prejudicar o registo, tornando-o pouco fiável ou mesmo levando à sua perda. A situação mais frequente é sem dúvida o facto de os informantes se moverem frequentemente ao longo do teste. Apesar de se pedir sempre aos informantes, no início do teste, que evitem ou mesmo que não se mexam de todo ao longo da experiência, é quase impossível para qualquer pessoa manter-se imóvel durante muito tempo. Para se minimizar os efeitos prejudiciais dos movimentos dos informantes, podem e devem utilizar-se acessórios complementares ao equipamento de registo. Alguns equipamentos trazem já de fábrica apoios de queixo e de testa, mas outros são vendidos sem esses acessórios. Os sistemas de compensação dos movimentos de cabeça funcionam bem e, com o evoluir da tecnologia, cada vez melhor, quando o que se quer analisar são regiões de imagens ou regiões de texto, sem necessitar de

grande detalhe. No entanto, se o objectivo é analisar a leitura de textos, de frases, ou, sobretudo, de palavras, é fundamental minimizar ao máximo os movimentos dos informantes, recorrendo a apoios de queixo (queixeiras) e/ou de testa (testeiras)¹³.

Como não podia deixar de ser, para além dos factores perturbadores identificáveis e que, às vezes, é possível contornar, existem situações em que pura e simplesmente não se consegue realizar a experiência ou em que se tem de deitar os dados fora porque o registo ficou mau ou incompleto. Algumas vezes não é sequer possível reconhecer o(s) ponto(s) de reflexão no olho¹⁴ do informante ou, mesmo, calibrar. Esta situação é bastante frequente e qualquer investigador que utilize esta técnica experimental já teve, quase de certeza, problemas a este nível.

3.3. Análise dos dados

O programa de registo grava dados em intervalos de tempos regulares, dependendo da velocidade de registo do equipamento. Por exemplo, um equipamento de 60 Hz (equivalente ao que utilizámos em Luegi (2006)) recolhe dados a cada 17 ms, enquanto que um equipamento de 240 Hz recolhe amostras a cada 4 ms. A precisão do equipamento em termos de ponto exacto de fixação não depende da velocidade do registo, mas antes da acuidade do equipamento. Existem equipamentos com acuidade desde 0,5° de ângulo visual (1 grau de ângulo visual corresponde a 3–4 caracteres, ou seja, um equipamento com 0,5° de precisão

¹³ Estes acessórios são necessários apenas nos equipamentos de mesa, ou seja, nos equipamentos denominados remotos. Existem outros equipamentos, acoplados a capacetes que se colocam na cabeça do informante, em que não é necessário restringir os movimentos de cabeça, uma vez que o equipamento se movimenta com o informante. Contudo, estes equipamentos, móveis, não são tão precisos como os remotos e por isso são preteridos nos estudos de leitura.

¹⁴ Para registar os comportamentos oculares é necessário captar, dependendo do sistema, um ou dois pontos de reflexão no olho. Essa reflexão é obtida com a emissão de uma luz, que parte geralmente da câmara, e que é reflectida pelo olho, criando pontos de reflexão que são captados pela câmara. O que o equipamento faz é registar a posição desse ponto de reflexão em diferentes regiões do ecrã. Sempre que o olho se move a posição do ponto de reflexão altera-se e, com base nos pontos-chave definidos na calibração, o sistema consegue identificar em que região do ecrã o olho se encontra.

pode indicar uma fixação num ponto quando na verdade ela ocorreu dois caracteres para a esquerda ou para a direita), a $0,25^\circ$ de ângulo visual. Assim, para estudos em que se pretendem fazer análises ao nível da fixação no interior da palavra, o mais seguro é utilizar equipamentos com bastante precisão, ou seja, com um baixo grau de erro (um equipamento com erro de $0,25^\circ$ tem maior precisão do que um equipamento com grau de erro de $0,5^\circ$).

Os dados brutos recolhidos são depois tratados por alguns programas específicos. Actualmente quase todos os equipamentos disponibilizam o *software* de análise, o que não era prática corrente há uns anos. Existem, também, programas gratuitos, disponibilizados na Internet, que permitem analisar dados de diversos equipamentos, permitindo ainda fazer alguma programação. Com os programas de análise extraem-se, geralmente, as fixações e as sacadas realizadas durante a leitura dos estímulos. Para calcular uma fixação, o programa analisa os dados e considera existir uma fixação sempre que o olho tenha permanecido dentro de uma determinada região um certo tempo. Alguns programas permitem alterar estes critérios, mas no geral considera-se que existiu uma fixação sempre que o olho permaneceu imóvel por pelo menos, 100 ms.

Os dados podem depois ser analisados de diversas maneiras. Podem analisar-se os dados de leitura totais, como o tempo e o número de fixações realizados durante a leitura de determinado estímulo, como fizemos para a análise da leitura global dos textos, ou podem fazer-se análises mais finas, de regiões mais pequenas. Esta análise pode ser estabelecida depois de se terem recolhido os dados e podem fazer-se análises que não estavam previstas inicialmente.

Para analisar os valores de regiões mais pequenas, como frases (dentro de um texto) ou excertos de frases, delimitam-se áreas de interesse ou regiões de análise e analisam-se os dados apenas dessas regiões.

Como se considera que pode ocorrer o efeito *spillover*, ou seja, que as dificuldades de processamento de uma palavra ou região se possam reflectir, ou mesmo ser detectadas, apenas, na região seguinte, são analisadas, geralmente, mais do que uma região da frase. Na grande maioria dos trabalhos, para além da *área crítica*, ou seja, a região onde se espera que o problema seja detectado e, presumidamente, resolvido, são ainda analisados os comportamentos durante a leitura da região¹⁵ posterior, denominada, geralmente, de *pós-crítica*. Em cada uma das regiões, várias são as medidas que podem então ser utilizadas para analisar os comportamentos oculares durante a leitura das regiões delimitadas. Veja-se o exemplo da Figura 1:



Figura 1 – Imagem do *scan-path* durante a leitura de um excerto do texto *Campo de Ourique* com as áreas de análise delimitadas.

Neste exemplo, analisaríamos, na primeira região, as fixações números 27, 28, 32 e 33, e, na região seguinte, as fixações 29, 30, 34, 35, 36 e 37.

Em Luegi (2006), tratando-se de um estudo pioneiro em Portugal, considerámos pertinente testar várias medidas a fim de definir quais as mais produtivas para este tipo de estudo, até porque, diferentes medidas captam diferenças significativas no processamento. Enquanto as medidas da primeira leitura reflectem o processamento mais automático, os valores da segunda leitura indicam a existência de processos de reanálise, logo, mais controlados.

¹⁵ A extensão das regiões é definida pelo observador, de acordo com o objectivo do trabalho. A região pode corresponder apenas a uma palavra ou a várias palavras.

Com base na bibliografia consultada (Rayner e Liversedge, 2004; Hyönä, Lorch e Rinck, 2003; Vonk e Cozijn, 2003; Rayner, 1998; Just e Carpenter, 1980), e com base no que pretendíamos analisar, optámos por escolher as seguintes medidas¹⁶:

. **Primeira leitura** (*first-pass*): valores (Tempo, Número de Fixações e Duração média das fixações) registados numa região desde a primeira fixação nessa região até ao seu abandono para a esquerda ou para a direita;

. **Segunda leitura**¹⁷ (*second-pass*): valores registados na segunda vez que se entra numa região;

. **Totais de leitura**: somatório dos valores da primeira leitura e da segunda leitura;

. **Tempo**: soma da duração de todas as fixações realizadas;

. **Número de fixações**: quantidade de fixações;

. **Duração média das fixações**: duração média das fixações realizadas;

. **Regressões internas**: número de fixações regressivas realizadas dentro da região;

. **Regressões a regiões anteriores**: regressões realizadas a regiões anteriores de texto (geralmente, da região pós-crítica à região crítica);

. **Regression-path**: soma da duração de todas as fixações realizadas desde a entrada numa região até ao seu abandono para a direita. Incluem-se, nesta contagem, as fixações realizadas em regiões anteriores à região em análise. Por exemplo:

revela ao virar de cada esquina **das suas** ruas de passeios largos.
 (1)225 (2)225 (3)210 (4) 300 (5)233
 (6)220 (7)215 (8)220

¹⁶ Alguns dos termos foram traduzidos para Português, enquanto que outros se mantiveram em Inglês. Por exemplo, traduzimos o termo *first-pass* para primeira leitura e o termo *second-pass* para segunda leitura, e não para primeira e segunda passagem, respectivamente. Mantemos no entanto a designação *regression-path*, uma vez que a tradução seria algo como “caminho regressivo” ou “caminho de regresso”.

¹⁷ Em segunda leitura incluem-se todas as releituras da região, sejam segunda, terceira ou quarta vez que o leitor entra nessa zona.

considerando que estamos a medir o *regression-path* em *das suas*, o valor seria 668 ms (soma dos valores das fixações (5), (6) e (7)), ou seja, a soma das duas fixações realizadas em *das suas* mais a fixação realizada numa região anterior, no caso, em *revela*;

. ***Progression-path***¹⁸: soma da duração de todas as fixações realizadas desde a primeira entrada numa região até ao seu abandono, incluindo as fixações realizadas em outras regiões à esquerda e/ou à direita. Ao contrário do que acontece no *regression-path*, nesta medida contabilizam-se também as fixações realizadas em regiões à direita da área em análise, uma vez que, em alguns casos, o material útil para resolver o problema pode estar à direita e não à esquerda, como na maioria das situações. Por exemplo¹⁹:

que **vislumbra-se** ao virar de cada esquina

(1)250	(2)220
(3)230	
(4)190	(5)200
	(6)225 (7)234

No nosso exemplo, estando a medir *progression-path* em *vislumbra-se*, o valor seria (1)+(2)+(3)+(4)+(5), ou seja, 1130 ms.

Uma outra medida que é utilizada com muita frequência, mas que não usámos no nosso trabalho, é a duração da primeira fixação realizada numa palavra/região. Optámos por não utilizar esta medida porque considerámos que não seria pertinente para o nosso estudo. A análise do valor da primeira fixação é particularmente produtiva em estudos em que o objectivo é analisar o comportamento de leitura de palavras ou em estudos em que o problema possa ser detectado logo na primeira fixação da região. Nestes casos, a primeira fixação será a medida mais imediata do impacto causado pela leitura da região ou da palavra.

Uma das discussões presentes na literatura relacionada com as medidas utilizadas na análise dos dados de registo dos movimentos oculares é a inclusão ou não do tempo das

¹⁸ O *progression-path* é uma medida que foi introduzida em Luegi (2006), não tendo sido nunca antes referida na literatura consultada.

¹⁹ A frase que serve de exemplo foi uma das construções testadas em Luegi (2006). Os valores das fixações não são reais.

sacadas, ou seja, se quando se utilizam medidas em que se somam as fixações, se devem incluir ou não os tempos decorridos entre as fixações. Vonk e Cozijn (2003) consideram que a duração das sacadas deve ser incluída nas medidas cumulativas de tempo de leitura porque durante as sacadas o processamento da linguagem continua ininterruptamente. Apesar de haver supressão sacádica, ou seja, de não se recolher nova informação durante as sacadas, e, sobretudo, se se aceita que o processamento de todos os níveis de uma palavra nem sempre termina quando esta é abandonada, é fundamental integrar as sacadas nas medidas cumulativas. Assim, o tempo de leitura, total ou parcial, de uma região, em vez de ser a soma da duração das fixações, apenas, deve ser o tempo total gasto na leitura dessa região, somando-se à duração das fixações o tempo gasto também nas sacadas.

4. Considerações finais

Comparativamente com outras metodologias, principalmente com a leitura auto-monitorada²⁰ (*self-paced reading*), a técnica mais utilizada nos estudos de processamento da linguagem, o registo dos comportamentos oculares apresenta vantagens únicas. A primeira vantagem é, sem dúvida, o modo natural de apresentação dos estímulos. Enquanto que na leitura auto-monitorada o estímulo tem de ser dividido e apresentado em segmentos, quando se utiliza o registo dos comportamentos oculares, a frase ou o texto podem e são apresentados por completo no ecrã (naturalmente que no caso dos textos pode haver necessidade de fazer quebras, mas em situações normais de leitura o texto também tem de ser repartido por várias páginas de papel ou mesmo no computador). Este modo de apresentação é não só mais

²⁰ Técnica em que a frase é apresentada por segmentos no monitor e o informante tem de pressionar um botão para ter acesso ao segmento seguinte. O tempo de leitura, ou, também denominado de tempo de reacção, de cada segmento é medido, pressupondo-se que se registem tempos de leitura mais elevados nos segmentos que causem maiores dificuldades de processamento.

natural, e mais próximo do formato normal de leitura em computador, como permite ainda que o leitor percorra o texto como desejar, podendo, por exemplo, regressar a regiões anteriores de texto. Para além disso, na técnica de registo dos comportamentos oculares não é necessário que o informante pressione qualquer tecla, não tendo por isso nenhuma tarefa secundária, como acontece, por exemplo, na leitura auto-monitorada.

Tanto as metodologias *on-line*²¹ como as metodologias *off-line*²² permitem identificar se determinado enunciado causou ou não problemas ao informante, mas apenas as metodologias *on-line* permitem identificar quando e onde esses problemas ocorreram. Com o registo dos comportamentos oculares, para além de ser possível identificar onde e quando o leitor teve dificuldades, é ainda possível perceber que estratégias o leitor usou para as resolver. Se com a medição dos tempos de reacção verificamos apenas se o leitor demorou mais tempo a ler uma determinada região, com o registo dos movimentos oculares podemos registar, nas regiões problemáticas, não só aumento do tempo de leitura como ainda regressões a regiões anteriores ou progressões a regiões posteriores. Mais, na leitura auto-monitorada, a única hipótese que o leitor tem, de facto, quando se depara com uma situação problemática é a de permanecer mais tempo nessa região ou nas regiões seguintes. No registo do movimento dos olhos o leitor pode, como quando lê normalmente numa situação não experimental, regressar no texto, não sendo obrigatório que se detenha mais tempo, uma vez que por vezes a solução não está na região que causa o problema. Enquanto que, numa determinada passagem de uma frase, as restantes metodologias medem apenas o tempo total gasto nessa passagem, com o registo dos movimentos dos olhos podem analisar-se, por exemplo, a duração da primeira fixação nessa região, o tempo gasto na Primeira Leitura que se faz nessa região, ou o tempo gasto na

²¹ As metodologias *on-line* são metodologias capazes de captar os processos dinâmicos que ocorrem durante a interpretação ou produção de uma frase, através de sistemas sofisticados que implicam, na maioria dos casos, o recurso a novas tecnologias.

²² As metodologias *off-line* são metodologias com as quais apenas podemos aceder à fase final do processamento, através da utilização de questionários, de perguntas de interpretação, de juízos de gramaticalidade ou de taxas de erro num determinado enunciado.

Segunda Leitura da referida região ou numa sub-parte da mesma, para além de permitir ainda contabilizar o número de fixações realizadas.

A possibilidade de analisar diferentes momentos do processamento, recorrendo à análise dos comportamentos registados durante a primeira leitura e a segunda leitura de uma mesma região, é de facto uma das grandes vantagens desta técnica. Enquanto as medidas de primeira leitura oferecem indicadores sobre o modo de processamento mais automático, as medidas de segunda leitura, ou de reanálise, dão indícios sobre o modo de processamento mais controlado e mais consciente. Por exemplo, em Luegi (2006), em nenhum dos contextos manipulados se registam aumentos das medidas durante a primeira leitura da região crítica. Os efeitos da manipulação, em alguns casos (porque em outros se registam apenas nas medidas cumulativas, ou não se fazem mesmo sentir), fazem-se sentir apenas durante a primeira leitura da região pós-crítica, havendo posteriormente releitura da região crítica e, conseqüentemente, aumento dos valores da segunda leitura da região crítica. Com a leitura auto-monitorada teríamos apenas aumento dos tempos de leitura da região pós-crítica e nenhum efeito na região crítica, porque o leitor não teria oportunidade de regressar, depois de identificar o problema.

Uma outra vantagem desta metodologia é a possibilidade da sua utilização em diversas actividades: no processamento visual de imagens, na execução de tarefas quotidianas e mais recentemente na conjugação do processamento visual e auditivo, denominado *visual world paradigm*. Este paradigma, que é actualmente muito utilizado na área da psicolinguística, foi iniciado por Cooper (1974) e desenvolvido posteriormente por Tanenhaus e colaboradores (1995) (veja-se, Kamide, Altmann e Haywood (2003)). Nesta técnica, registam-se os movimentos dos olhos durante a visualização de uma cena em resposta a um *input* auditivo (Altmann e Kamide, 2004). Cooper (1974) demonstrou que, quando os sujeitos ouvem uma palavra referente a um objecto representado na imagem, dirigem imediatamente os olhos para

esse objecto (Huetting e Altmann, 2005). Este facto demonstra que há uma forte e imediata ligação entre o processamento auditivo e o visual. Para além de permitir analisar o processamento oral da linguagem, este paradigma tem ainda a vantagem de permitir estudar questões que não seria possível investigar com a leitura de enunciado. Para motivar uma resposta na leitura, é necessário forçar uma interpretação para a frase, enquanto que no *visual world paradigm* isso não é necessário, basta posteriormente analisar a opção do olhar do informante e perceber qual foi a sua interpretação do enunciado. Por exemplo, para perceber a preferência de ligação de pronomes (nulos, no caso do nosso exemplo) na leitura é necessário forçar a ligação do pronome a uma das entidades introduzidas, como exemplificado em (3) e (4)²³.

(3) *O João conversou com a Cláudia no quarto quando foi internado pelo cirurgião no hospital.*

(4) *O João conversou com a Cláudia no quarto quando foi internada pelo cirurgião no hospital.*

Recorrendo ao *Visual World Paradigm*, com frases como (5), apresentadas auditivamente, basta analisar que entidade, ‘o menino’, ‘o carteiro’ ou outra (distratora) que esteja representada na imagem, foi fixada na imagem quando o pronome ocorreu.

(5) *O menino viu o carteiro ontem à tarde quando chegou a casa.*

Naturalmente que, como qualquer outra metodologia, a técnica de registo dos comportamentos oculares durante a leitura não tem só vantagens. Apesar de os equipamentos de registo serem ainda bastante caros, e esta é sem dúvida uma desvantagem face a outras técnicas, este não é o maior problema desta metodologia. Se com a técnica de medição dos tempos de reacção a probabilidade de perda de dados de informantes é ínfima e, sobretudo, controlável, a instabilidade de funcionamento dos equipamentos de registo dos padrões

²³ Os exemplos fazem parte do trabalho em curso de Luegi.

oculares leva à perda de inúmeros dados. Como referimos anteriormente, muitas são as vezes em que, durante a experiência, se perde o registo dos olhos do informante e que, por isso, se fica sem dados. Para além da perda de registo, existem casos em que não é mesmo possível calibrar o olho dos participantes. Em algumas pessoas existe pouco contraste entre a córnea e a pupila e por isso é difícil encontrar esses pontos de reflexão e, sobretudo, fazer com que se mantenham estáveis ao longo da experiência.

Apesar de algumas desvantagens, sobretudo técnicas, do registo dos comportamentos oculares, as vantagens são de facto muitas e compensadoras. O que é importante é ter consciência de que sempre que se for fazer um estudo com esta metodologia, é necessário angariar muitos mais informantes do que na verdade se precisa, para poder compensar eventuais e muito prováveis perdas. De resto, se não houver limitações de tempo e de espaço (uma vez que o equipamento não é facilmente transportável), o registo dos comportamentos oculares é sempre uma metodologia a considerar. Preferencialmente, havendo essa possibilidade, o óptimo será, como defendido por vários autores (por exemplo Perea e Rosa, 1999; Mitchell, 2004; Frenck-Mestre, 2005), para uma maior fiabilidade dos resultados, recorrer a diferentes metodologias para testar o mesmo pressuposto teórico.

The most robust findings are those that reappear in experiments using a variety of different methods, and are therefore unlikely to be linked to the quirks or idiosyncrasies of any given technique. (Mitchell, 2004:23)

Abstract – *We will recover the work of Luegi (2006) to describe and comment the eye-tracking technique as one of the various methodologies that allow us to study the cognitive mechanisms involved in language processing. In this paper, we describe the main characteristics of eye movement behavior during reading and refer, based on the literature and, also, on our own experience, the advantages and disadvantages of this methodology.*

Key-words – *Eyetracking. Reading processing. Reading.*

Referências bibliográficas

- Altmann, G., Kamide, Y., (2004). Now you see it, now you don't: Mediating the mapping between language and the visual world. In J.M. Henderson & F. Ferreira (Ed.s), *The interface of language, vision, and action*. New York: Psychology Press. p. 347-386.
- Costa, A., (1991). *Leitura: Compreensão e Processamento Sintático*. Tese de Mestrado apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
- Frazier, L., Rayner, K., (1982). Making and Correcting Errors during Sentence Comprehension: Eye Movements in the Analysis of Structurally Ambiguous Sentences. *Cognitive Psychology*, n.º 14, p. 178-210
- Frenc-Mestre, C. (2005). Eye-movement recording as a tool for studying syntactic processing in a second language: A review of methodologies and experimental findings. *Second Language Research*, n.º 21, p.175-198.
- Huetting, F., Altmann, G.T.M., (2005). Word meaning and the control of eye fixation: semantic competitor effects and the visual world paradigm. *Cognition*, v. 96, n.º 1, p. B23-B32.
- Hyönä, J., Lorch, F., Rinck, M. (2003). Eye movement measures to study global text processing. In J. Hyona, R. Radach, & H. Deubel (Ed.s), *The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research*. Amsterdam: Elsevier Science. p. 315-336.
- Just, M. C., Carpenter, P. A., (1980). A Theory of Reading: From Eye Fixations to Comprehension. *Psychological Review*, v. 87, n.º 4, p. 329-354.
- Kamide, Y., Altmann, G. T. M., Haywood, S., (2003). The Time-course of prediction in incremental sentence processing: Evidence from anticipatory eye movements. *Journal of Memory and Language*, 49, p. 133-156.
- Liversedge, S. P., & Findlay, J. M., (2000). Eye movements reflect cognitive processes. *Trends in Cognitive Sciences*, n.º 4, p. 6-14.

- Luegi, P. (2006). *O registo do movimento dos olhos durante a leitura de textos*. Tese de mestrado apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
- Luegi, P., Costa, A., Faria, I. (2007). Mover para ler: o movimento dos olhos durante a leitura de textos. *Actas do XXII Encontro Nacional da Associação Portuguesa de Linguísticas*, Lisboa, APL, p. 431-445.
- Matin, E., (1974). Saccadic suppression: A review and an analysis. *Psychological Bulletin*, v. 81, n.º 12, p. 899-916.
- Mitchell, D., (2004). On-line methods in language processing: introduction and historical review. In M. Carreiras e C. Clifton (Ed.s), *The on-line study of sentence comprehension*. New York: Psychology Press. p. 15-32.
- Perea, M., Rosa, E., (1999). Psicología de la lectura y procesamiento léxico visual: Una revisión de técnicas experimentales y de procedimientos de análisis. *Psicológica*, n.º 20, p. 65-90.
- Rayner, K., Liversedge, S. P., (2004). Visual and Linguistic Processing During Eye Fixations in Reading. In J.M. Henderson & F. Ferreira (Eds.), *The interface of language, vision, and action*. New York: Psychology Press, p. 59-104.
- Rayner, K., (1998). Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research. *Psychological Bulletin* , v. 124, n.º 3, p. 372-422.
- Vonk, W., Cozijn, R. (2003). On the treatment of saccades and regressions in eye movement measures of reading time. *The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research*. Amsterdam: Elsevier Science. p. 294-314.