

## **EYE TRACKING COMO MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO APLICADO ÀS CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO**

Ana Margarida Barreto\*  
Universidade Nova de Lisboa  
barreto.anamargarida@gmail.com

**Resumo:** Embora não seja considerada uma novidade, o conhecimento da tecnologia *eye tracking* como método de recolha e análise de informação, bem como o seu potencial de implementação em diferentes domínios do meio académico, científico e âmbito comercial encontram-se ainda em estado incipiente. Por essa razão surgiu o interesse em desenvolver um estudo capaz de dar a conhecer esta tecnologia, tanto a investigadores, como a profissionais da área das ciências da comunicação, de forma sucinta e clara. Deste modo, os temas focados ao longo do presente trabalho foram seleccionados por se considerarem base para quem pretende entender como funciona esta ferramenta de investigação. São eles: a origem da tecnologia e a sua descrição; desenho do projecto; desafios na selecção da amostra; recolha, interpretação e análise dos dados; e actuais limitações.

**Palavras-chave:** *eye tracking*, métodos de investigação, movimentos oculares.

**Abstract:** Although it is not considered a novelty, the knowledge of eye tracking technology as a method of collecting and analyzing information, as well as its implementation potential in different areas of academic, scientific and commercial area are still in its infancy. For this reason has raised the interest in developing a study able to inform about this technology, both researchers and professionals of communication sciences, succinctly and clearly. Therefore, the topics covered during the present study were selected for being the for anyone wishing to understand how this research tool works. They are the following: the origin of the technology and its description; project design; challenges in sample selection; collection, interpretation and analysis, and present limitations.

**Key-words:** eye tracking, research methods, eye-movements.

### **Introdução**

O conceito de *eye-tracking* refere-se a um conjunto de tecnologias que permite medir e registar os movimentos oculares de um indivíduo perante a amostragem de um estímulo em ambiente real ou controlado, determinando, deste modo, em que áreas fixa a sua

---

\* Licenciada em Comunicação Organizacional, com um Master feito na Universidade de Sevilha, Ana Margarida Barreto frequenta o curso de doutoramento na Universidade Nova de Lisboa, sendo actualmente Visiting Scholar na Columbia University.

atenção (volume de fixações visuais gerado), por quanto tempo e que ordem segue na sua exploração visual (existência de eventuais padrões de comportamento visual).

A pertinência de estudar os movimentos oculares tem como base a hipótese “*strong eye-mind*”, segundo a qual o que uma pessoa visualiza é assumido como indicador do pensamento actual/prevalente nos processos cognitivos (Just, Carpenter, 1976a e 1976b). Tal significa que a gravação dos movimentos oculares fornece um traçado dinâmico onde está dirigida a atenção num determinado campo visual. A medição de outros aspectos associados aos movimentos oculares, como as fixações (momentos em que os olhos estão relativamente fixos, assimilando ou "codificando" as informações), poderá igualmente revelar a quantidade de processamentos aplicados a objectos visualizados.

A tecnologia *eye-tracking* contém um grande potencial de aplicação numa ampla variedade de disciplinas e áreas de estudo, do ponto de vista da recolha e análise de informação e da interacção. Para André Zeferino, *managing partner* da “Work Value Intelligence”, promotor e investigador da tecnologia *eye tracking* para empresas portuguesas e espanholas, esta tecnologia

“Como ferramenta de análise pode ser utilizada na investigação e estudo dos domínios científico, académico e comercial, em áreas de *research* tão diversas como a linguística cognitiva, psicologia, medicina, usabilidade, marketing, entre outras. Como ferramenta de interacção (ou *eye controler*, já que neste âmbito o objectivo do seu uso não é a medição do movimento ocular, mas a utilização do equipamento como ferramenta de interacção) permite a utilização de dispositivos específicos de comunicação baseados no olhar, vocacionados para indivíduos com mobilidade limitada ou necessidades especiais” (DIAS, 2009, p.79).

No que se refere ao campo das ciências da comunicação, o *eye tracking* tem-se mostrado bastante versátil com aplicação em variados contextos, nomeadamente na Web, televisão, imprensa, suportes exteriores (como, outdoors, merchandising, decoração dos pontos de venda, etc.), videojogos, dispositivos móveis, nos eventos e sessões públicas (institucionais ou comerciais). As aplicações comerciais têm sido um dos temas por excelência no uso desta tecnologia - grandes empresas como a Pepsi, Pfizer, P&G, Unilever usam-na em centenas de projectos anualmente (Wedel e Pieters, 2008). Mas é a análise da eficácia das campanhas de comunicação que tem imperado, possibilitando às organizações não só compreender o comportamento visual do indivíduo relativamente ao estímulo, mas também direccionar ou reajustar as suas estratégias, de acordo com os resultados obtidos.

### **Origem dos estudos com tecnologia *eye tracking***

Erradamente confunde-se o início da investigação do *eye tracking* com a data a partir da qual esta técnica começou a ser aplicada. Acontece que foi já há mais de um século, nos finais do século XIX, que se deram os primeiros estudos sobre o movimento ocular por observação directa. Louis Émile Javal (oftalmologista francês) foi o primeiro a descrever os

movimentos do olho durante o acto de leitura concluindo que são feitas pausas curtas (fixações<sup>1</sup>) e movimentos sacádicos e não um varrimento liso como se imaginava.

Além da mera observação visual, os métodos iniciais para o seguimento da localização das fixações do olho eram invasivos, envolvendo o contacto directo com a córnea. Em 1901, Dodge e Cline desenvolveram a primeira técnica *eye tracking* precisa e não invasiva, aplicando luz reflectida na córnea, e em 1930 dá-se a construção dos primeiros equipamentos *eye tracking* com lentes de contacto.

Até aos dias de hoje, várias foram os estudos desenvolvidos um pouco por toda a parte e que têm contribuído para o conhecimento sobre o movimento ocular e a sua relação com os processos cognitivos. Vejamos alguns exemplos:

Em 1954, Fitts desenvolveu um modelo do movimento humano, conhecido como a “lei de Fitts”, baseado no movimento rápido e objectivo, vindo a tornar-se num dos modelos matemáticos do movimento humano mais bem-sucedidos e estudados. Algumas das conclusões apresentadas por Fitts e os seus colegas são ainda hoje válidas, como é o caso da frequência da fixação que poderá ser usada como medida da importância do objecto em foco; a duração da fixação, como medida da dificuldade de extracção de informação e interpretação; e o padrão de fixação das transições entre os objectos, como indicador da eficiência da disposição dos elementos de exibição individual.

Sensivelmente em 1960, Kenneth A. Mason (professor e investigador norte-americano) formalizou o método de pesquisa através do centro da pupila e da reflexão da córnea como um procedimento para observar a fixação ocular por meio de uma câmara, medindo a localização daqueles dois elementos. Kenneth A. Mason, juntamente com John Merchant (professor e investigador norte-americano), num trabalho patrocinado pela NASA e preparado pelo Honeywell Radiation Center ("*Design of a Breadboard Remote Oculometer*"), foi ainda responsável pela construção de um sistema electro-óptico baseado numa câmara de vídeo que permite observar a direcção e a fixação do olho humano.

Em 1965 (em Moscovo, 1967 em Nova Iorque) o psicólogo russo Alfred L. Yarbus demonstra no seu livro "*Eye Movement and Vision*", considerado um dos livros mais referenciados de sempre sobre esta matéria, que a tarefa dada a um indivíduo tem uma influência significativa nos seus movimentos oculares, e ainda que existe uma relação entre fixações visuais e o nível de interesse.

Posteriormente, em 1980, Marcel A. Just (investigador e professor - Center for Cognitive Brain Imaging of Carnegie Mellon University) e Patricia A. Carpenter (investigadora e professora - Departamento de Psicologia da Carnegie Mellon University) formulam a hipótese “*strong eye-mind*”. De acordo com esta teoria “não há nenhum atraso

---

<sup>1</sup> Por fixação entende-se o acto da pausa do olhar fixado numa certa posição, seguida de um movimento rápido, quando o olho muda para uma nova posição com um novo objectivo.

apreciável entre aquilo que é fixado e o que é processado." Isto é, a visualização de uma palavra ou objecto tende a ser acompanhada por um processo cognitivo.

O primeiro sistema de *eye tracking* baseado em computador PC é introduzido no mercado em 1988 pela empresa LC Technologies (EUA), possibilitando a integração com outros equipamentos e dispositivos. É de destacar o trabalho de Dixon Cleveland (co-fundador e vice presidente da LC Technologies) e da equipa que liderou no desenvolvimento de avançados algoritmos de processamento de imagem para localizar a pupila e a reflexão da córnea com maior precisão e consistência, bem como o método de focalização automático que permite a calibração da fixação ocular, tolerando os movimentos da cabeça durante uma sessão de teste.

Os primeiros estudos de *eye tracking* sobre o comportamento visual na leitura de meios de informação impressos dão-se a partir de 1990, conduzidos pelo Poynter Institute: "*Eyetrack I Eyes on the News*". Em 1999 / 2000 o referido instituto em parceria com a Universidade de Stanford estende o seu campo de análise para os meios de informação online – "*Eyetrack II*", realizados novamente numa terceira edição em 2003/2004 – "*Eyetrack III*", desta vez em parceria com a Universidade de Denver e a consultora Eyetools. Em 2007 dá-se o último estudo do Poynter Institute "*Eyetracking the News - A Study of Print & Online Reading*", que teve a particularidade de ser o primeiro a comparar os estudos anteriores em relação aos dois formatos (versão impressa e versão Web), contando com um painel superior a 600 participantes.

Presentemente, o método de investigação com base na tecnologia *eye tracking* continua a suscitar interesse da parte de profissionais do sector empresarial e académico, em parte motivado pela proliferação de soluções comerciais a preços relativamente acessíveis (Li, Babcock e Parkhurst, 2006) e pela considerável melhoria técnica.

## A CONSTRUÇÃO DO MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO

### Tecnologia

A aplicação da tecnologia *eye tracking* pode ser feita tanto em ambientes fechados, como abertos, espaços públicos ou privados, de forma dinâmica e/ou estática. Nas palavras de André Zeferino:

"Por visualização dinâmica entende-se a recolha de imagens em movimento, como, por exemplo, analisar o comportamento visual de um individuo enquanto este caminha por um espaço público ou captar a sua atenção visual durante a observação de um programa de televisão. A visualização estática, como o próprio nome indica, abrange a recolha de imagens num contexto mais restritivo, como seja a visualização de uma página web, um anúncio de imprensa, protótipos de embalagem, marcas, entre outros, através da sua projecção em monitor ou tela." (DIAS, 2009, p.80).

Actualmente, existem diferentes sistemas capazes de medir o movimento ocular, estando agrupados em 3 tipos, segundo as suas características:

- **Sistemas mecânicos:** aplicação de dispositivos semelhantes a uma lente de contacto especial, com um espelho integrado (ou um sensor magnético). Exemplo: rolo magnético (*scleral eye coil*). A medição através deste tipo de lentes fornece registos significativos do movimento ocular, sendo por essa razão um método regularmente utilizado em investigação laboratorial relacionada com o estudo da fisiologia do olho. Inevitavelmente, estes sistemas são muito desconfortáveis para os participantes do teste.

- **Sistemas electrónicos:** utilização de potenciais eléctricos, medidos a partir de eléctrodos de contacto, colocados perto do olho. Exemplo: EOG Electro-Oculograma (EOG *electro-oculography*). A variante mais comum é o electro-oculograma (EOG) baseado no potencial eléctrico permanente do olho, em que a córnea é positiva em relação à retina. Os sistemas EOG são os mais vocacionados para medir movimentos oculares rápidos e involuntários, sendo o método de pesquisa mais utilizado nos estudos relacionados com o sono.

- **Sistemas de vídeo:** esta tipologia de equipamento é largamente utilizada nos estudos de observação do olhar fixo pelo facto de não ser intrusiva. Os sistemas mais conhecidos são o Dual Purkinje e o Pupil Center Corneal Reflection. Nesta tipo de sistema a informação é analisada a partir das alterações registadas nas reflexões oculares, com base na projecção de uma luz infravermelha no olho e captação dos respectivos movimentos por meio de uma câmara de vídeo (ou por outro tipo de sensor óptico).

Por outras palavras, a posição ocular (a reflexão da córnea e o centro da pupila são usados como factores de rastreio ocular) e todos os movimentos realizados são registados durante o percurso visual, feito de estímulos.

Isto é conseguido através de um *eye tracker*, um dispositivo que emite raios infravermelhos para os olhos do usuário - a luz infravermelha é usada para evitar o desconforto do usuário com uma luz forte - que por sua vez batem na pupila e voltam ao dispositivo, permitindo calcular com precisão para onde o participante está a olhar e ainda medir os movimentos oculares como as fixações, sacadas e regressões.

Depois de identificado o centro da pupila e a localização do reflexo da córnea pelo software de processamento de imagem, o vector entre eles é medido e, com cálculos trigonométricos, pode ser encontrado o “ponto de visualização” (ou “*point-of-regard*” i.e., ponto no espaço para onde a pessoa está a olhar, revelando para onde a atenção visual é dirigida). Embora seja possível determinar o “ponto de visualização” aproximado apenas pelo reflexo da córnea, ao acompanhar ambas as características dos movimentos oculares os resultados podem, criticamente, ser dissociados dos movimentos da cabeça (Duchowski, 2003; Jacob, Karn, 2003).

Neste processo podem ser usadas uma de duas técnicas: *bright pupil* e *dark pupil*. A sua diferença é baseada na posição da fonte de iluminação relativamente à óptica. Se a

iluminação for coaxial com o percurso óptico, então os olhos actuam como um retro-reflector, criando um efeito de pupila brilhante semelhante ao olho vermelho. Se a fonte de iluminação for mais compensada em relação ao percurso óptico, então a pupila ficará mais escura.

Consequentemente, a escolha de cada uma destas técnicas é feita de acordo com as condições de iluminação e o local onde se efectuam os testes de observação. A técnica de *bright pupil* é mais utilizada em condições extremas de luz artificial (ambientes fechados que podem variar do mais escuro para o mais iluminado) e a técnica de *dark pupil* é recomendada em ambientes ao ar livre.

Relativamente aos já mencionados dispositivos *eye-trackers*, importa destacar a existência de dois tipos: aqueles em que o participante necessita de transportar um dispositivo próprio (por exemplo, óculos) (Figura 1) e aqueles totalmente não intrusivos que registam o movimento ocular à distancia, normalmente colocados e integrados no monitor (Figura 2). Enquanto que os primeiros são adequados para as actividades em que o participante deve ter total liberdade para se mover (sobretudo a cabeça), os últimos são muito menos intrusivos (Goldberg, Wichansky, 2003), gerando menos ruído nos processos de avaliação.



Figura 1. *Eye-tracker* em formato de óculos.



Figura 2. *Eye-tracker* Remoto

Como foi já referido, o papel do *eye tracker* é simplesmente o de aferir, na rotação ocular, para onde se dirige a visão central, e consequentemente determinar que zona da cena visual está a ser percebida com maior nitidez em cada momento. O resto da cena visual é processada em paralelo através da visão periférica, que não nos permite identificar claramente os objectos ou elementos presentes – por exemplo, não podemos ler através da visão periférica; mas que permite detectar alterações capazes de guiar ou atrair a nossa atenção.

Um dado importante a ter em conta neste tipo de investigação é que os *eye trackers* precisam de ser previamente ajustados às particularidades dos movimentos oculares de cada pessoa, através de um processo designado por “calibração”. Esta última é feita através da exibição de um ponto na tela (amovível ou não), tendo os olhos que se fixar nele durante um tempo limite. Durante este procedimento, o sistema grava o centro da pupila e a relação córnea-reflexo como referindo-se a uma coordenada específica x,y no ecrã. Esta é repetida ao longo de um ponto-padrão 9-13 para obter uma calibração precisa sobre a tela inteira (Goldberg, Wichansky, 2003).

Embora a calibração seja fácil e rápida de executar, existe uma reduzida percentagem de participantes cujos olhos não se consegue calibrar (habitualmente participantes com deficiências oculares ou com algumas condicionantes ao nível das pálpebras / pestanas) e que, portanto, não podem participar no estudo. O uso de óculos ou de lentes de contacto é, de uma forma geral, tolerável num processo de calibração, embora existam excepções, dependendo de alguns aspectos particulares (lentes bifocais, lentes de contacto coloridas, etc).

## **Recolha, representação e análise dos dados**

Um estudo típico de *eye tracking* envolve 3 processos distintos:

### **A) Preparação** (tempo médio: 1 semana)

- Definição do *briefing*
- Definição do perfil dos participantes (sexo, idade, profissão, etc.)
- Selecção e recrutamento de participantes

### **B) Execução** (tempo médio: 1 semana)

- Calibração
- Observação em ambiente *eye tracking*
- Inquérito final aos participantes (“*think aloud*” retrospectivo)

### **C) Reporting** (tempo médio: 1 a 2 semanas)

- Análise e conclusões
- Elaboração de recomendações

Nota: As características do teste (grau de complexidade), o número e o perfil dos participantes podem condicionar os níveis de serviço mencionados.

## **Seleccção da Amostra**

A selecção e a determinação do número de participantes que constituem uma amostra representa usualmente uma das grandes dificuldades com que se depara o investigador qualquer que seja a natureza da sua investigação.

No que se refere aos estudos com aplicação de tecnologia *eye tracking*, há quem considere que apenas são necessários 5 participantes. Este número provém da distribuição binomial (do campo das probabilidades), que considera que 5 é o número de utilizadores necessário para detectar aproximadamente 85% dos problemas numa interface, dado que a probabilidade de um utilizador encontrar um problema é de cerca de 31% (Lewis, 1982; Nielsen, Landauer, 1995). Compreensivelmente, esta teoria não se aplica a todas as situações, tais como comparação de dois produtos, obtenção de uma medida precisa de tempos de tarefa ou taxas de conclusão, mas unicamente para descobrir problemas com uma interface.

Por outro lado, segundo a empresa “Think Eyetracking”, 30 é o número suficiente para compor uma amostra de investigação com recurso a este tipo tecnologia. A sugestão tem como base a comparação e a constatação de ausência de diferenças significativas nos resultados obtidos com uma amostra de 150 participantes e os resultados de 4 grupos de 30, escolhidos aleatoriamente do total da amostra<sup>2</sup>.

Relativamente à comunicação entre investigador-participante, além dos típicos dados a comunicar a qualquer potencial participante durante a triagem (como por exemplo "Isto não será um teste às suas habilidades, mas sim um teste a..."), também se deve avisar que o olho será monitorizado durante a sessão, por vários motivos, incluindo éticos. Numa investigação não deverá ser escondido ao participante o que se está a fazer com ele, sobretudo quando a experiência ou o momento é de alguma forma fora do comum. Para além disso, o aviso prévio prepara o utilizador para que quando chegue ao laboratório não haja surpresas e possa continuar confortavelmente com a sessão. Finalmente, as pessoas vão querer saber porque são feitas tantas perguntas sobre os seus olhos nas questões de triagem posteriores e se não for explicada a razão pode suscitar incómodo para o participante ou mesmo desconfiança.

Por outro lado, há que ter em consideração que falar sobre o *eye tracking* aos potenciais participantes é um tema um pouco delicado. Explicações em excesso poderão ser prejudiciais por duas razões. Primeiro, poderão fazer com que os participantes fiquem excessivamente conscientes dos seus movimentos oculares, correndo-se o risco de influenciarem, de forma voluntário ou involuntária, o próprio comportamento visual. Em segundo lugar, poderão assustar os potenciais participantes ao ponto de deixarem de querer participar.

## **Recolha de dados**

Numa investigação de recolha de informação com tecnologia *eye tracking* uma das primeiras tarefas poderá consistir na definição de “áreas de interesse” (para o avaliador e

---

<sup>2</sup> <http://thinkeyetracking.com/2008/09/why-does-think-eyetracking-sometimes-use-a-sample-of-30/>



equipa) de cada interface e averiguar se são visíveis para os participantes. Estas áreas devem identificar elementos ou séries de elementos perceptíveis como uma unidade ou grupo, sendo recomendável basear-se nas leis de percepção de Gestalt (lei da segregação, unidade, proximidade, semelhança, continuidade, pregnância e clausura) para a sua definição.

Em seguida, dá-se a análise das medidas básicas dos movimentos oculares: fixações e sacadas.

As fixações referem-se ao momento em que os olhos estão relativamente fixos, assimilando ou “descodificando” a informação, tendo uma duração média de 218 milissegundos, com um intervalo de 66-416 milissegundos. Elas podem ser interpretadas de forma diferente dependendo do contexto. Numa tarefa de codificação (por exemplo, navegando numa página Web), a maior frequência de fixação numa determinada área pode ser indicativa de maior interesse no destino ou pode ser um sinal de que a tarefa é complexa e de difícil codificação (Just, Carpenter, 1976ab; Jacob, Karn, 2003). No entanto, estas interpretações podem ser revertidas numa tarefa de procura de informação: um maior número de fixações simples, ou conjuntos de fixações, é muitas vezes um índice de maior incerteza no reconhecimento de um item de destino (Jacob, Karn, 2003).

A não codificação ocorre durante as sacadas, por essa razão pouco podemos saber através delas sobre a complexidade ou relevância de um objecto na interface. A sacada consiste num movimento ocular que ocorre entre fixações, tipicamente com uma duração entre os 20 a 35 milissegundos. O propósito de muitas das sacadas é o de mover os olhos para a próxima posição visual. O processo visual é automaticamente suprimido durante as sacadas para evitar o apagamento da imagem visual.

A regressão (ou sacada regressiva), isto é, a sacada que volta atrás em direcção ao texto, por exemplo, que já foi visualizado, pode agir como medição de dificuldades durante a descodificação (Rayner, Pollatsek, 1989). Embora a maioria das sacadas regressivas ou “regressões” sejam muito pequenas, apenas o recuar de frases longas pode representar confusão no processamento de texto (idem). As regressões podem igualmente ser usadas como uma medida de reconhecimento do valor, existindo uma relação inversa entre o número de regressões e a proeminência da frase.

Destas medidas básicas provêm uma infinidade de outras métricas, como é o caso de:

- **Duração do olhar (*gaze duration, dwell, fixation cluster* ou *fixation cycle*):** isto é, duração cumulativa e localização espacial média de uma série de fixações consecutivas dentro de uma área de interesse. A duração do olhar normalmente inclui diversas fixações e pode incluir uma quantidade relativamente pequena de tempo das curtas sacadas entre as fixações. A fixação que ocorre fora da área de interesse marca o fim do olhar.

- **“Scanpaths” (sequência de fixações):** descreve uma sequência completa de sacada-fixação-sacada. Numa tarefa de procura, uma “*scanpath*” eficaz é vista como uma linha recta

para um destino desejado, com uma fixação relativamente curta para o alvo (Goldberg, Kotval, 1999). Por outras palavras, indica a transição entre áreas de interesse e a eficiência ou não da disposição dos elementos.

- **Taxa de intermitência (piscar de olhos) e tamanho da pupila:** a taxa de intermitência e o tamanho da pupila podem ser usados como um índice de carga cognitiva. Uma taxa de intermitência menor indica uma maior carga de trabalho e uma taxa maior pode indicar fadiga (Brookings, Wilson, Swain, 1996; Bruneau, Sasse, Mccarthy, 2002). Um aumento da pupila também pode indicar maior esforço cognitivo (Marshall, 2000; Pomplun, Sunkara, 2003). No entanto, o tamanho da pupila e a taxa de intermitência podem ser influenciados por muitos outros factores, tais como os níveis de luz ambiente (Goldberg, Wichansky, 2003). Por essa razão, estas métricas são menos usadas na investigação *eye tracking*.

- **Número total de fixações:** o número total de fixações é tido como sendo negativamente correlacional com a eficiência de uma procura (Goldberg, Kotval, 1998; Kotval, Goldberg, 1998). Um maior número de fixações indica uma menor eficiência da procura, o que poderá indicar um problema no *layout* (esquema organizativo) da interface. Porém, o experimentador deve considerar a relação entre o número de fixações e os tempos das tarefas, ou seja, as tarefas longas normalmente requerem mais fixações.

- **Número de fixações sobre uma área de interesse:** um maior número de fixações indica maior importância para o usuário. Esta métrica está intimamente relacionada com a duração de olhar que é usada para estudar o número de fixações em tarefas de duração variável total. O número de fixações num elemento particular do ecrã deve reflectir a importância desse elemento, isto é, os elementos mais importantes serão fixados mais frequentemente (Fitts, Jones, Milton, 1950).

- **Duração do olhar fixo sobre uma área de interesse:** uma maior duração (fixações longas) são geralmente consideradas como indicadores da dificuldade de um participante na interpretação do conteúdo da área (Fitts, Jones, Milton, 1950; Goldberg, Kotval, 1998).

- **Densidade espacial das fixações:** quando as fixações se concentram numa zona mais pequena poderão indicar maior eficiência na procura visual, enquanto que se são mais dispersas sugerem que a procura é menos eficiente.

- **Tempo transcorrido até a primeira fixação:** quanto menos tempo transcorrer até que o usuário se fixe pela primeira vez numa área de interesse, maior será a capacidade das propriedades gráficas da área atraírem a atenção visual. É uma medida útil quando existe pesquisa específica de um alvo.

Embora os indicadores apresentados sejam os mais populares, não constituem necessariamente as melhores métricas a aplicar em todas as situações.

## Processamento/Representação dos dados

Examinando as fixações, os movimentos oculares, a dilatação da pupila, o piscar de olhos e uma variedade de outros comportamentos, os pesquisadores podem determinar uma grande quantidade de informações e os dados resultantes podem ser analisados estatisticamente com o intuito de demonstrar evidências de padrões visuais específicos. Para além disso, o investigador conta ainda com o auxílio de pacotes de *software* capazes de criar animações e representações que resumem graficamente (através de mapas) o comportamento visual de um utilizador ou conjunto deles. Todas estas representações gráficas são ilustrativas e capazes de comunicar os resultados, não só à equipa de investigação, mas também, por exemplo, ao cliente final, já que demonstram através de uma só imagem a forma como o usuário explora a interface.

De seguida apresentamos as formas de relatório visual existentes:

- Traçado de olhares (“*gaze plot*”): quando se analisa o comportamento visual dos participantes de forma individual é costume usar representações animadas com um ponto na interface, indicando onde este fixou a sua atenção em cada momento, assim como um pequeno traço com a forma de linha, indicando os movimentos sacádicos. É também possível usar representações estáticas do caminho sacádico na exploração visual (embora seja mais difícil de interpretar), mostrando a sequência de movimentos correspondentes às fixações visuais (percurso visual), a respectiva ordem e duração (tempo de fixação).



Figura 3. Relatório Representativo da Rota Sacádica.

- “Mapas de Calor” (“*heatmaps*”): estes mapas são uma representação estática (e dinâmica) alternativa, especialmente adequada para a análise aglomerada dos padrões de exploração visual de grupos de utilizadores. Nestas representações, as áreas “quentes” ou de maior intensidade sinalizam os locais onde os usuários fixaram a sua atenção com maior frequência, ou seja, as áreas com elementos mais atractivos e onde se gerou maior volume de fixações visuais.



Figura 4. Mapa de Calor

- “Mapas de zonas sombreadas”: para além dos “mapas de calor” existe ainda uma versão complementar designada por “mapas de zonas sombreadas” que permite visualizar em detalhe as áreas com maior concentração de fixações visuais (referenciadas no “Mapa de Calor”) e o potencial da visão periférica nas áreas sombreadas.

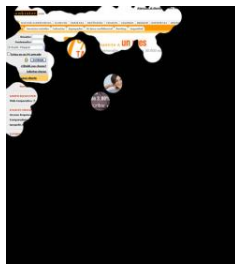


Figura 5. Mapa de Zonas Sombreadas

- *Cluster*: neste tipo de relatório são reveladas as áreas com maior concentração de pontos de fixação durante uma sessão, distribuídas percentualmente pelos participantes que demonstraram interesse nas mesmas.



Figura 6. Exemplo de Relatório *Cluster*

- “*Bee Swarm*”: este relatório é produzido em modo vídeo e mostra simultaneamente todo o agregado de fixações visuais dos participantes, sob a forma de pontos ao longo da amostragem do estímulo.



Figura 7. Exemplo do Relatório “Bee Swarm”

Áreas de interesse (também designado de AOI – do inglês “*areas of interest*”): este tipo de representação de dados permite gerar dados estatísticos sobre o comportamento dos participantes em qualquer área do estímulo, relacionando a fixação visual com um conjunto de métricas de *eye tracking* baseadas nas variáveis tempo e volume.



Figura 8. Exemplo de Relatório AOI

## Interpretação dos dados

Um dos primeiros passos na fase de análise dos dados geralmente consiste em distinguir as fixações e as sacadas. Para isso, o investigador conta com o auxílio de vários *eye trackers* que vêm com *softwares* de análise que permitem a extração rápida das fixações e sacadas do conjunto de dados (Lankford, 2000; Salvucci, 2000). Estas ferramentas de *software* tipicamente usam a posição ocular (dispersão de computação de uma sequência/fio de dados de pontos da posição ocular conhecida como análise de proximidade) ou a velocidade do olho (que varia de posição ao longo do tempo). Usando tais programas o investigador pode rápida e facilmente saber quando os olhos mexeram, onde no campo visual ocorreram as fixações.

No entanto, esta informação por si só é um pouco limitada para a avaliação de interfaces, pois, *a priori*, não nos indica por que razão aconteceu. Responder a esta pergunta exige que se estabeleça, de alguma forma, uma ligação entre as fixações e a actividade cognitiva.

Como foi já referido, é comum partir da ideia de que se o usuário está a ver algo é porque está a pensar nesse algo – hipótese “*strong eye-mind*”. Embora essa relação não seja

segura - nem sempre prestamos atenção ao que estamos a ver - nem imediata, existe uma ligação suficientemente consistente para extrair conclusões objectivas sobre os processos cognitivos que originam ou desencadeiam fixações.

Em suma, interpretar a grande quantidade de dados obtidos numa prova requer do avaliador um amplo conhecimento das teorias cognitivas e das métricas necessárias para análise.

### **Avaliação crítica do uso de *eye tracking* como método de recolha de informação**

Tal como sucede com outros métodos de investigação e de recolha de dados, o *eye tracking* não está isento de limitações, que devem ser tidas em consideração no planeamento da sua aplicação.

Em primeiro lugar, esta tecnologia apenas permite inferir a atenção do usuário dentro da largura de um grau da fóvea. Por outras palavras, não é possível indicar com precisão dentro desse grau para onde o participante está a olhar, e por essa razão outras posições do olho dentro de aproximadamente um grau são assumidas como continuações da mesma fixação, em vez de uma sacada.

A natureza dinâmica da interface de computadores modernos (por exemplo, janelas de rolar, mensagens *pop-up*, gráficos animados) fornece ainda um desafio técnico no estudo das fixações do olho. Um exemplo claro de tal situação é o facto de embora saibamos que uma pessoa esteve a fixar 10 graus acima e 5 graus para a esquerda do centro do ecrã não é possível saber para que objecto esteve a olhar, a menos que acompanhem as mudanças no ecrã do computador.

Além disso, muito dos comportamentos dos músculos oculares não são intencionais, o que significa que pode ocasionar recebermos dados imperfeitos. Nestes casos, a dificuldade reside na extracção dos movimentos oculares intencionais nos relatórios visuais obtidos.

O facto de não existir uma técnica *standard* para identificar as fixações (Salvucci, Goldberg, 2000) constitui igualmente uma barreira importante a não negligenciar. Pequenas alterações nos parâmetros que definem a fixação podem originar resultados dramaticamente diferentes na análise (Karsh, Breitenbach, 1983). Por exemplo, a medição do número de fixações não poderá ser comparável em dois estudos que usam parâmetros ligeiramente diferentes numa detecção automática de fixações. Por outras palavras, se duas equipas de investigação analisam o mesmo objecto de estudo mas recorrem a diferentes formas para identificar as fixações, os resultados de ambos os projectos necessariamente terão que ser diferentes. Qual dos resultados será mais válido? É importante que a comunidade académica e científica dê uma resposta universal, única e consensual sobre este tema, caso contrário assistiremos a um inviabilizar contínuo dos resultados obtidos com o

*eye tracking*, eventualmente culminando com o descrédito e abandono desta tecnologia como método de investigação.

Um outro aspecto a ter em conta numa investigação que faça uso da tecnologia *eye tracking* é que, apesar de ser possível determinar para onde o participante está a olhar, não podemos saber no que está a pensar nesse momento. Isto é, podemos conhecer o movimento real dos músculos dos olhos do usuário, mas estes não reflectem as suas intenções nem a impressão obtida. Embora este tipo de técnica facilite a interpretação objectiva da exploração visual do participante, continua sendo pouco informativa sobre o porquê de determinados padrões ou comportamentos visuais. Uma possível forma de colmatar esta limitação poderá ser usando a técnica “*think-aloud*” ou “pensamento em voz alta”, que consiste em solicitar a cada participante que descreva verbalmente durante a prova o que está a pensar, que dúvidas tem, porque faz ou explora visualmente uma área de interesse e não outra. Contudo, esta técnica tem alguns inconvenientes, a começar pelo facto de que o simples relato do comportamento visual e respectiva justificação poderá alterar a forma como a tarefa é produzida (Guan *et al.*, 2006) e poderá distrair o participante da sua tarefa, diminuindo a sua concentração (Johansen, 2007). Uma alternativa à técnica “*think-aloud*” poderá ser a técnica “*think-aloud*” retrospectivo, no qual o participante primeiro realiza a tarefa e depois verbaliza o processo interactivo (idem). Estudos como o de Guan *et al.* (2006) sugerem que se trata de uma técnica fiável, cuja validade não é afectada pela complexidade da tarefa; fornece informação extra sobre a execução da tarefa e, por conseguinte, pode ser de utilidade para facilitar a interpretação dos resultados do *eye-tracking*. No que se refere ao método retrospectivo, há que ter em consideração que a apresentação do vídeo com a sequência dos movimentos ocular (*gaze* vídeos), embora consuma mais tempo, tem-se revelado mais eficaz como suporte verbal, dando aos participantes uma lembrança precisa dos seus pensamentos e um maior número de informações, do que usando o vídeo tradicional (idem). Em suma, as técnicas de *eye-tracking* aportam informação impossível de extrair fazendo uso unicamente dos métodos de observação e “*think-aloud*” (Goldberg, Wichansky, 2003; Cooke, Cuddihy, 2005). Por outro lado, a verbalização por parte do usuário oferece-nos informação impossível de inferir unicamente a partir da sua exploração visual. Logo, ambas as técnicas são complementares, aportando cada uma informação exclusiva e facilitando a interpretação dos dados extraídos pela outra, apurando o que foi visualizado e pensado (Wulff, 2007).

Importa ainda referir que outra das dificuldades ou limitações relacionadas com a análise da informação recolhida com tecnologia *eye tracking* relaciona-se com o conceito base “*strong eye-mind*”, formulado em 1980. Apesar de esta hipótese ser tomada como certa, há quem a questione, uma vez que esta não considera a atenção dada pelo indivíduo a coisas para as quais não esteja a visualizar directamente, ou seja, a “*covert attention*”. De maneira similar, não é possível pressupor processos cognitivos específicos directamente de uma fixação particular num objecto de uma paisagem. Por exemplo, a fixação numa face dentro de uma imagem pode indicar reconhecimento, empatia, aversão, perplexidade, etc. Por esta razão, a tecnologia *eye tracking* deve ser combinada com outras metodologias, como os protocolos verbais, que permitam aferir o processo cognitivo.

Finalmente, a necessidade de restringir o relacionamento físico entre o *eye tracking* e o participante continua a ser um desafio em constante melhoria. Adicionalmente, o trabalho de análise de dados, de acordo com a complexidade de cada estudo e o nível de profundidade que se pretende dar aos resultados, consome ainda bastante tempo ao investigador. Porém, a evolução tecnológica verificada nos diferentes componentes e sistemas de *eye tracking* tem permitido o desenvolvimento de equipamentos cada vez menos intrusivos e com maior grau de mobilidade, beneficiando o seu custo de utilização (comparativamente aos complexos laboratórios existentes no passado) e o conseqüente aumento do uso do *eye tracking*, não apenas nas suas áreas mais tradicionais (investigação e meio académico) mas, sobretudo, em aplicações mais comerciais ao nível da produção e prestação de serviços (Web Design, Usabilidade, Marketing Research, etc.). Por exemplo, o processo de calibração tem sido um dos componentes onde mais se tem investido, a par da precisão e acuidade da informação de recolha. Deste modo, mesmo num equipamento de baixa emissão (30 a 60 hz), o “*tracking*” actual é efectuado com uma precisão de confiança, oferecendo, na maioria dos modelos (com particular referência para a tecnologia da “Tobii”), uma liberdade de movimento (quer da cabeça, quer da restante postura corporal) bastante ampla, sem perda de fidedignidade de dados recolhidos. A fiabilidade e o controle de qualidade passou a ser um standard nesta indústria de produção. Também a análise de dados é hoje feita com recurso a softwares bastante completos, intuitivos e diversificados na forma de gerar os respectivos “*outputs*”. Tais avanços têm suscitado a esperança de que um dia grande parte das mencionadas restrições sejam resolvidas (Land; 1992; Land, Mennie, Rusted, 1999; Pelz, Canosa, 2001; Babcock, Lipps, Pelz, 2002).

## Conclusão

Após a leitura deste trabalho, podemos chegar à conclusão de que a técnica *eye tracking*, como método de recolha e de interpretação de dados, possui uma componente de atracção e de interesse forte, devido ao facto de disponibilizar informação de grande valor para a compreensão do comportamento visual. Para além disso, com a diminuição do custo e o aumento da formação dos profissionais sobre esta tecnologia, é previsível que se produza um cada vez maior número de investigações aplicando esta tecnologia em todo o mundo.

Não obstante, o conhecimento das suas vantagens ou mesmo da sua existência encontra-se ainda em estado incipiente, o que poderá justificar o reduzido número de investigações que a ela recorrem.



## Agradecimentos/ Acknowledgement

Gostaria de deixar um especial agradecimento ao Professor Doutor João Sáãgua pelo incentivo na elaboração deste trabalho e ao Dr. André Zeferino pelos valiosos contributos em forma de comentários e sugestões.

## Referências Bibliográficas

- BABCOCK, J., LIPPS, M., PELZ, J.B. (2002). How people look at pictures before, during, and after image capture: Buswell revisited. *Proceedings of SPIE, Human Vision and Electronic Imaging*. 4662. 2002. pp. 34-47.
- BROOKINGS, J. B., WILSON, G. F., SWAIN, C. R. Psychophysiological responses to changes in workload during simulated air traffic control. *Biological Psychology*, 42. 1996. pp. 361-377.
- BRUNEAU, D., SASSE, M. A., MCCARTHY, J. D. The eyes never lie: The use of eye tracking data in HCI research. In: *Proceedings of the CHI'02 Workshop on Physiological Computing*. NY: ACM Press. 2002.
- CARD, S. K. Visual search of computer command menus. In H. Bouma and D.G. Bouwhuis [eds.] *Attention and Performance X, Control of Language Processes*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 1984.
- COOKE, L., CUDDIHY, E. Using Eye Tracking to Address Limitations in Think-Aloud Protocol. In: *2005 IEEE International Professional Communication Conference Proceedings*. 2005. pp. 653-658.
- DIAS, Susana. De que forma o consumidor olha para a marca? In: *Marketeer*, 151. 2009. pp. 78-80.
- DUCHOWSKI, A. T. *Eye tracking methodology: Theory and practice*. London: Springer-Verlag Ltd. 2003.
- FITTS, P. M., JONES, R.E., MILTON, J.L. Eye movements of aircraft pilots during instrument-landing approaches. In: *Aeronautical Engineering Review*, 9 (2). 1950. pp 24-29.
- GOLDBERG, J.H., KOTVAL, X.P. Eye movement-based evaluation of the computer interface. In: S.K. Kumar (Ed.). *Advances in Occupational Ergonomics and Safety*. Amsterdam: ISO Press. 1998. pp 529-532.
- GOLDBERG, H., KOTVAL, X. P. Computer Interface Evaluation Using Eye Movements: Methods and Constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24. 1999. pp 631-645.
- GOLDBERG, J. H., STIMSON, M. J., LEWENSTEIN, M., SCOTT, N., WICHANSKY, A. M. Eye tracking in web search tasks: Design implications. In: *Proceedings of the Eye Tracking Research and Applications Symposium 2002*. NY: ACM Press. 2002. pp 51-58.
- GOLDBERG, J.H., WICHANSKY, A.M. Eye tracking in usability evaluation: A Practitioner's Guide. In: Hyona, J., Radach, R., Duebel, H (Eds.). *The mind's eye: cognitive and applied aspects of eye movement research*. Boston, North-Holland / Elsevier. 2003. pp 573-605.
- GRAF, W., KRUEGER, H. Ergonomic evaluation of user-interfaces by means of eye-movement data. In: Smith, M.J. & Salvendy, G. (eds.) *Work with Computers: Organizational, Management, Stress and Health Aspects*. Elsevier Science Publishers, B.V., Amsterdam. 1989. pp 659-665.
- GRANKA, L.A., JOACHIMS, T.; GAY, G. Eye-Tracking Analysis of User Behavior in WWW Search. SIGIR'04, July 25–29, Sheffield, South Yorkshire, UK. 2004. Disponível em: [http://www.cs.cornell.edu/People/tj/publications/granka\\_etal\\_04a.pdf](http://www.cs.cornell.edu/People/tj/publications/granka_etal_04a.pdf)

- GUAN, Z., CUTRELL, E. An Eye Tracking Study of the Effect of Target Rank on Web Search. In: CHI 2007, April 28–May 3, San Jose, California, USA. 2007. Disponível em: <http://research.microsoft.com/~cutrell/CHI2007-effect%20of%20rank%20on%20search-Guan&Cutrell.pdf>
- GUAN, Z. *et al.* The Validity of the Stimulated Retrospective Think-Aloud Method as Measured by Eye Tracking. In: CHI 2006, April 22–27, Montréal, Québec, Canada. 2006.
- HASSAN Montero, Yusef, HERRERO Solana, Víctor. Eye-Tracking en Interacción Persona-Ordenador. In: No Solo Usabilidad, n° 6, 2007.
- JACOB, Robert. Eye Tracking in Advanced Interface Design. In: Virtual Environments and Advanced Interface Design, ed. by W. Barfield and T.A. Furness. Oxford University Press, New York. 1995. pp 258-288.
- JACOB, Robert, KARN, Keith. The mind's eye, Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research. Commentary on Section 4: Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. North-Holland. 2003.
- JOHANSEN, Sune Alstrup. Can eye tracking bring new life to retrospective think-aloud? Proceedings of the Seventh Danish HCI Research Symposium. 2007.
- JUST, M.A., CARPENTER, P.A. Eye Fixations and Cognitive Processes. *Cognitive Psychology*, 8: 1976a. pp 441-480.
- JUST, M.A., CARPENTER, P.A. The role of eye-fixation research in cognitive psychology. *Behavior Research Methods & Instrumentation*. 8. 1976b. pp. 139-143.
- KARSH, R., BREITENBACH, F.W. Looking at looking: the amorphous fixation measure. In: R. Groner, C Menz, D. Fisher & R.A. Monty, *Eye Movements and Psychological Functions: International Views*. Lawrence Erlbaum Associates. Hillsdale, NJ. 1983. pp 53-64.
- KOTVAL, X.P., GOLDBERG, J.H. Eye movements and interface components grouping: an evaluation method. Proceedings of the 42nd Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society. Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society. 1998. pp. 486-490.
- LAND, M.F. Predictable eye-head coordination during driving. *Nature*. 359. 1992. pp. 318-320.
- LANKFORD, C. Gazetracker™: software designed to facilitate eye movement analysis. In: Proceedings of the Eye Tracking Research and Applications Symposium 2000. NY: ACM Press. 2000. pp. 51-55.
- LEWIS, James. Testing Small System Customer Setup. In: Proceedings of the Human Factors Society 26th Annual Meeting. 1982. pp. 718-720.
- LI, D., BABCOCK, J., PARKHURST, D.J. Advances in eye tracking technology: openEyes: a low-cost head-mounted eye-tracking solution. Proceedings of the 2006 symposium on Eye tracking research & applications ETRA '06. New York : ACM Press. 2006. pp. 95-100.
- MARSHALL, S. Method and apparatus for eye tracking and monitoring pupil dilation to evaluate cognitive activity. U.S. Patent 6,090,051, July 2000.
- MARCHIONINI, G., MU, X. User studies informing E-table interfaces. In: *Information Processing & Management*, 39(4), 2003. pp. 561-579.
- MCCARTHY, J. D., SASSE, M.A., RIEGELSBERGER, J. *Could I have the menu please? An eye tracking study of design conventions*. In: Proceedings of HCI2003. Bath, UK. 2003. pp 8-12. Disponível em: [http://www.cs.ucl.ac.uk/research/highview/mccarthy\\_menu.pdf](http://www.cs.ucl.ac.uk/research/highview/mccarthy_menu.pdf)
- NIELSEN, Jakob. Noncommand User Interfaces. *Comm. ACM* 36(4) 1993. pp. 83-99
- NIELSEN. F-shaped pattern for reading web content. Jakob Nielsen's Alertbox, April 17. 2006. Disponível em: [http://www.useit.com:80/alertbox/reading\\_pattern.html](http://www.useit.com:80/alertbox/reading_pattern.html)

NIELSEN, Jakob, LANDAUER, Thomas K. A mathematical model of the finding of usability problems. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, April 24-29. 1993. pp. 206-213.

PAN, Bing, HEMBROOKE, Helene, GRANKA, Laura, GAY, Geri, NEWMAN, Jill K., FEUSNER, Matthew K. The Determinants of Web Page Viewing Behavior: An Eye-Tracking Study. In: S.N. Spencer (Ed.), Proceedings of Eye-Tracking Research and Applications, New York. ACM: Siggraph. 2004.

PAN, Bing, JOACHIMS, Thorsten, LORIGO, Lori, GAY, Geri, GRANKA, Laura. In Google we trust: Users' decisions on rank, position, and relevance. In: Journal of Computer-Mediated Communication, 12(3) article 3. 2007. Disponível em: <http://jcmc.indiana.edu/vol12/issue3/pan.html>

PELZ, J.B., CANOSA, R. Oculomotor Behavior and Perceptual Strategies in Complex Tasks. Vision Research. 41, 2001. pp. 3587-3596.

PIETERS R., WEDEL, M. *Goal Control of Attention to Advertising: The Yarbus Implication*. Journal of Consumer Research, 34. 2007. pp 224-233.

POMPLUN, M., SUNKARA, S. Pupil dilation as an indicator of cognitive workload in Human-Computer Interaction. In: Proceedings of HCI International 2003: Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Vol 3. 2003. pp. 542-546.

POOLE, A., BALL, L.J. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects. In: Ghaoui, Claude (Ed.). Encyclopedia of Human Computer Interaction. Idea Group. 2004. Disponível em: <http://www.alexpoole.info/academic/Poole&Ball%20EyeTracking.pdf>

RAYNER, K., POLLATSEK, A. The psychology of reading. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1989.

RELE, R.S., DUCHOWSKI, A.T. Using Eye Tracking To Evaluate Alternative Search Results Interfaces. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society. September. Orlando, FL, HFES. 2005. pp 26-30. Disponível em: [http://andrewd.ces.clemson.edu/research/vislab/docs/Final\\_HFES\\_Search.pdf](http://andrewd.ces.clemson.edu/research/vislab/docs/Final_HFES_Search.pdf)

RENSHAW, J.A. *et al. Understanding visual influence in graph design through temporal and spatial eye movement characteristics*. In: Interacting with computers, n. 16. 2004. pp. 557-578.

RHODES, Philip. Eye-tracking: as interações inconscientes do usuário. In: Usabilidade e AI. 2009. Disponível em: <http://webinsider.uol.com.br/index.php/artigos/categorias/usabilidade-ai/>

SALVUCCI, D.D., GOLDBERG, J.H. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In: Proceedings of the Eye Tracking Research and Applications Symposium 2000, NY: ACM Press. 2000. pp. 71-78.

SVENSSON, E., ANGELBORG-THANDERZ, M. SJÖBERG, L., OLSSON, S. Information complexity: Mental workload and performance in combat aircraft. Ergonomics, 40, 1997 pp. 362-380.

WULFF, Annegrete. Eyes wide shut - or using eye tracking technique to test a web site; International Journal of Public Information Systems. 2007.

### **Webliografia:**

La aportación del eyetracking en el sector de usabilidad, Febrero 2007; Disponível em: <http://www.usolab.com/articulos/eyetracking-usabilidad-comunicacion.php>  
<http://eyetracking.workvalue.net/>