

**Escola das Artes da Universidade Católica Portuguesa**  
**Mestrado em Som e Imagem**



**Interfaces Cérebro-Computador no Desenho de Páginas Web**

**Arte Multimédia 2013/14**

*Eduardo Pereira*

Professor Orientador: Prof. Doutor Luís Gustavo Martins  
Professores Co-Orientadores: Prof. Doutora Cristina Sá, Prof. Doutor Jorge Cardoso

junho de 2014

*Para os meus pais.*

## Agradecimentos

O meu primeiro agradecimento é inteiramente dirigido aos meus professores orientadores, Prof. Doutor Luís Gustavo Martins, Prof. Doutora Cristina Sá e Prof. Doutor Jorge Cardoso. Aos três, agradeço o empenho e a disponibilidade com um aluno nada fácil de convencer e orientar. Obrigado pela vossa paciência e motivação ao longo destes meses difíceis. Empenhei-me o mais que pude para mostrar o meu reconhecimento pelo vosso esforço e profissionalismo.

O meu segundo agradecimento é para o Prof. Doutor Bruno Giesteira, professor e investigador da Universidade do Porto. Um amigo, acima de tudo. Agradeço as nossas conversas, o tempo que dispensou para me ouvir desabafar e os conselhos que ao longo destes anos me acompanham na minha vida profissional e académica. Um verdadeiro exemplo para mim.

O meu terceiro agradecimento é partilhado pelas duas pessoas responsáveis por esta oportunidade: Prof. Doutora Ana Côrte-Real e Prof. Doutora Sofia Salgado Pinto, diretora da Católica Porto Business School e diretora da Faculdade de Economia e Gestão da Universidade Católica do Porto, respetivamente. A admiração e o carinho que sinto por ambas estende-se para lá deste parágrafo e dos projetos profissionais que partilhamos. Obrigado por confiarem em mim.

Um abraço sentido aos meus amigos. Agora que escrevo estas linhas, penso na sorte que tenho: Cristina Pinto, Nuno Matos e Pedro Monterroso. Diferentes pedaços deste projeto tem o vosso nome. Obrigado por tudo!

Agradeço ainda a um conjunto de pessoas que conviveram comigo durante todos estes meses e aturaram, no trabalho ou fora dele, as minhas pseudo-depressões, as diretas, as boas e as más disposições. Francisco, João, Mariana, Marina, Marta, Pala, Pedro, Rita, Rui, Sónia: obrigado!

## Resumo

Ao longo de várias gerações, o Homem sonhou com a capacidade de comunicar e, eventualmente, controlar as máquinas que o rodeiam através do pensamento. Até há algumas décadas, esse fascínio não passava de um impulso virtual, apenas ao alcance de cirurgias complexas e perigosas ao cérebro, onde são implantados eléctrodos que medem a corrente eléctrica. Contudo, o desenvolvimento tecnológico permitiu a evolução de dispositivos, não-invasivos, portáteis e recarregáveis, que registam a atividade cerebral, recorrendo a eléctrodos aplicados no couro cabeludo, e que, a partir de algoritmos computacionais, possibilitam a comunicação entre o cérebro e um computador.

Atualmente, estão já comercialmente disponíveis alguns dispositivos que permitem o desenvolvimento de interfaces baseados no paradigma cérebro-computador e que, fundamentalmente, abrem portas à investigação e desenvolvimento de novas técnicas e abordagens de interação. Este tipo de equipamentos registam as correntes eléctricas do cérebro e viabilizam a associação de padrões mentais a um conjunto de comandos predeterminados num computador.

Assim, objetivo desta Dissertação é desenvolver um espaço concetual de design que contemple interfaces cérebro-computador no desenho de páginas web. Para isso, será realizada uma revisão dos principais autores, conceitos e projetos relacionados com o paradigma de interação cérebro-computador, bem como o contexto desta na complexa área da HCI, envolvendo outras tipologias de interfaces e Web Design. Até ao desenvolvimento de experiências e provas de conceito de aplicações que culminarão com o contacto e contributo de utilizadores para o espaço concetual de design proposto.

**Palavras Chave:** interface cérebro-computador, interação homem-computador, design space, web design

## Índice de Conteúdos

|  |    |
|--|----|
| Lista de Ilustrações .....   | 1  |
| Lista de Tabelas .....   | 2  |
| Glossário .....  | 3  |
| 1 Introdução .....   | 4  |
| 1.1 Tema e Motivações .....  | 4  |
| 1.2 O Problema .....   | 5  |
| 1.3 A Metodologia Utilizada.....   | 8  |
| A Calendarização .....   | 8  |
| A Pesquisa .....   | 9  |
| 1.4 A Estrutura do Documento .....   | 9  |
| 2 O Estado da Arte.....  | 11 |
| 2.1 O conceito de design space .....                                       | 11 |
| 2.2 Interfaces Cérebro-Computador.....                                     | 12 |
| O que é uma Interface Cérebro-Máquina? .....                               | 13 |
| A História .....   | 16 |
| Interfaces Cérebro-Computador no contexto da Interação Homem-Máquina ..... | 17 |
| Aplicações .....   | 20 |
| O Registo da Atividade Cerebral .....                                      | 25 |
| Os Dispositivos.....   | 31 |
| 2.3 Interfaces Adaptativas.....  | 36 |
| Fatores Envolvidos .....   | 37 |
| 2.4 Interfaces de Atenção .....  | 38 |
| Caraterísticas .....   | 39 |
| Como Detetar o Atual Estado de Atenção.....                                | 40 |
| 2.5 A Geração Criativa de Ideias .....                                     | 41 |
| A Emergência de Ideias Centradas no Grupo .....                            | 42 |
| O Brainstorming e as suas Variantes .....                                  | 42 |
| 2.6 Web Design.....  | 43 |
| Cor .....  | 44 |
| Tipografia .....   | 44 |
| Espaço e Aglomeração .....   | 45 |
| Ângulos e Curvas .....   | 45 |
| Texturas .....   | 45 |
| Imagens.....   | 46 |
| Referências Culturais .....  | 46 |
| 3 O Projeto: Interfaces Cérebro-Computador no desenho de páginas Web.....  | 47 |
| 3.1 O Conceito .....   | 47 |
| 3.2 Brainwritting e a classificação de ideias .....                        | 48 |
| O Planeamento .....  | 48 |
| A Classificação .....  | 51 |
| 3.3 As Provas de Conceito e o Projeto Artístico.....                       | 55 |
| A Ligação com o Browser.....   | 56 |

|   |    |
|---|----|
| Prova de Conceito Nº1: Tamanho da Letra .....             | 57 |
| Prova de Conceito Nº2: Transparência na Publicidade ..... | 59 |
| Prova de Conceito Nº3: Controlo do Vídeo .....            | 60 |
| O Projeto Artístico .....                                 | 62 |
| 3.4 Experiências com Utilizadores .....                   | 63 |
| Motivação e Contributo.....                               | 63 |
| Objetivos e Planeamento .....                             | 63 |
| Resultados e Conclusões.....                              | 65 |
| 4 Conclusões e trabalho futuro .....                      | 70 |
| Referências e Bibliografia .....                          | 72 |
| APÊNDICE A.....   | 83 |
| APÊNDICE B.....   | 84 |
| APÊNDICE C.....   | 85 |

## Lista de Ilustrações

|  |    |
|--|----|
| Ilustração 1 - Esquema representativo do design space proposto .....                                   | 12 |
| Ilustração 2 - Esquema de funcionamento de uma interface cérebro-computador.....                       | 15 |
| Ilustração 3 – Sistema Internacional 10-20 .....   | 28 |
| Ilustração 4 – Representação gráfica da onda Alpha.....  | 30 |
| Ilustração 5 – Representação gráfica da onda Beta .....  | 30 |
| Ilustração 6 – Representação gráfica da onda Delta.....  | 30 |
| Ilustração 7 – Representação gráfica da onda Gamma.....  | 30 |
| Ilustração 8 – Representação gráfica da onda Theta .....   | 30 |
| Ilustração 9 - Dispositivo Mindset .....   | 31 |
| Ilustração 10 - Dispositivo Mindwave .....   | 32 |
| Ilustração 11 - Dispositivo Emotiv Epoc.....   | 34 |
| Ilustração 12 - Disposição dos elétrodos do Epoc quando colocado na cabeça .....                       | 34 |
| Ilustração 13 - Sessão de Brainwritting.....   | 48 |
| Ilustração 14 - Exemplo de um referencial de usado na técnica de Brainwritting .....                   | 49 |
| Ilustração 15 - Catalogação das ações no conteúdo dentro do foco da atenção ou meditação.              | 53 |
| Ilustração 16 - Catalogação das ações no conteúdo fora do foco da atenção ou meditação ....            | 54 |
| Ilustração 17 - Arquitetura de comunicação entre o Mindwave e o browser .....                          | 57 |
| Ilustração 18 - Reprodução do funcionamento da Prova de Conceito N°1 .....                             | 57 |
| Ilustração 19 - Algoritmo de funcionamento da Prova de Conceito N° 1 .....                             | 58 |
| Ilustração 20 - Reprodução do funcionamento da Prova de Conceito N°2 .....                             | 59 |
| Ilustração 21 - Exemplo da mensagem que informa sobre o baixo nível de atenção.....                    | 60 |
| Ilustração 22 - Algoritmo de funcionamento da Prova de Conceito N° 3 .....                             | 61 |
| Ilustração 23 - Apresentação pública do projeto artístico .....  | 62 |
| Ilustração 24 - Resultados do contexto de uso da Internet por parte dos utilizadores.....              | 66 |
| Ilustração 25 - Resultados do contacto com as 3 provas de conceito.....                                | 67 |
| Ilustração 26 - Atualização do grupo das ações no conteúdo dentro do foco da atenção ou meditação..... | 68 |
| Ilustração 27 - Atualização do grupo das ações no conteúdo fora do foco da atenção ou meditação.....   | 68 |

**Lista de Tabelas**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Lista de ideias recolhidas da sessão de Brainwritting .....    | 50 |
| Tabela 2 - Nível de escolaridade e área de formação dos utilizadores..... | 66 |



**Glossário**

ICC – Interface cérebro-computador

IHC – Interação Homem-computador

## 1 Introdução

O presente documento pretende, sustentado no desenvolvimento de provas de conceito, introduzir uma nova perspetiva sobre o uso de dispositivos de interação cérebro-computador não invasivos no desenho de interfaces de páginas web.

Este paradigma tem vindo, nos últimos anos, a ser alimentado pelo advento de novos dispositivos que anunciam potenciais capacidades de interação inovadoras, e uma relação ainda mais íntima entre o Homem e o computador. Contudo, e tendo em conta a evolução de áreas como o design de interação, a usabilidade, a ergonomia, os dispositivos já existentes, e as ferramentas mais atuais de desenvolvimento de produtos digitais, é necessário compreender quais os contextos de uso em que a interação cérebro-computador terá uma aplicabilidade eficaz.

Deste modo, e ancorado nestas premissas, o presente capítulo introduz a macroestrutura que sustentará toda a dissertação. A história, as tecnologias, os autores e as suas obras, serão abordadas como elos que se pretendem unidos pela problemática aduzida e desenvolvida neste documento. Formalizando um enquadramento que se pretende como um ponto de partida sólido e sustentável.

### 1.1 Tema e Motivações

O interesse emergente nesta tecnologia, que tem levado entusiastas e investigadores a desenvolver um canal de comunicação direto entre o cérebro e o computador, tem origem na segunda metade do século passado. Contudo, é necessário recuar ao final do século XIX para se encontrar as primeiras experiências relacionadas com a atividade elétrica cerebral.

Este foi, aliás, o primeiro grande passo para a investigação nesta área, e que tem evoluído consideravelmente depois da segunda metade do século XX. O estudo, na altura desenvolvido em animais, alargou horizontes a outros investigadores, ampliando a tipologia de sujeitos e tecnologias desenvolvidas. Desde então, a evolução do conceito permitiu que atualmente seja possível abordar o paradigma cérebro-computador através dos métodos utilizados na leitura das ondas cerebrais não invasivas.

E esta acaba mesmo por ser a característica responsável pelo mais recente interesse nesta área de investigação. O desenvolvimento de dispositivos cada vez mais portáteis, com autonomias de energia cada vez maiores e, fundamentalmente, cada vez mais ergonomicos, aumentam o leque de atributos de uma tecnologia que baseia o seu funcionamento na leitura da atividade bioelétrica cerebral externa. Que posteriormente, e com recurso a ferramentas de captação e tratamento de sinal, interpretam e traduzem a sua representação em informação que possa ser interpretada pelo computador.

No entanto, o grande défice desta tipologia de dispositivos reside exatamente neste ponto: a captação e tratamento de sinal. O recurso a métodos não invasivos diminui drasticamente a resolução do sinal captado, fazendo-o acompanhar de artefactos (ruído) que alteram a qualidade sinal, e complica a interpretação no processo de comunicação.

Esta questão ganha contornos ainda mais relevantes quando comparados dispositivos de índole profissional com outros de consumo. Tomando como exemplo o electroencefalograma, o registo gráfico da acumulação das correntes elétricas do encéfalo, técnica recorrente na gama de índole comercial, a resolução do sinal é mais baixa (Neurosky, 2009). Com a

arquitetura destes dispositivos a ser responsável por esse fator, já que estes apresentam um número bastante mais reduzido de elétrodos, quando comparados com outros de gama profissional.

Porém, esta acaba por se tornar na sua alavanca de promoção: a captura de sinal da atividade cerebral acessível a todos, e que permite que outras áreas do saber recorram às suas características para desenvolver novas funcionalidades nos mais variados contextos de uso, fundamentadas no *design* centrado no utilizador, nas suas necessidades e características.

E assim se estabelece a principal motivação deste documento: desenvolver um espaço concetual de *design*, centrado no desenho de páginas web, que agregue um conjunto alargado de situações que refletem a influencia direta dos dados obtidos por dispositivos baseados em interfaces cérebro-computador, tendo em conta a medição dos níveis de atenção e meditação do utilizador, apoiado em provas de conceito que deveriam deste espaço. Este *design space*, tal como o nome indica, deverá ser um espaço de agregação de ideias e experiências, de discussão, onde deverão ser contempladas diversas situações e contextos de uso, com o objetivo de agregar o maior número de possibilidades de aplicação.

Neste sentido, serão depois desenvolvidas três provas de conceito, que derivam do *design space*, com as quais o utilizador deverá interagir de forma clássica – rato e teclado – auxiliado por um dispositivo de interface cérebro-computador não invasivo, que medirá as diferentes frequências de onda emitidas pela atividade cerebral. E que, posteriormente, serão traduzidas em comandos que alteram a interface, de acordo com os valores recolhidos.

No entanto, e devido à inexistência de investigação realizada neste sentido, o *workflow* deste projeto fará um apanhado das diversas áreas, transversais ao tema, que definirão o rumo que está a ser tomado. Áreas de investigação paralelas também serão contempladas, fundamentalmente no que diz respeito às metodologias de investigação utilizadas. Estas servirão de referência ao desenvolvimento do projeto, garantindo assim rigor e sustentação científica.

## 1.2 O Problema

Ao longo do curso da humanidade, o Homem sempre sonhou com a capacidade de controlar objetos, e até mesmo máquinas, com o pensamento. A ficção científica, primeiro nos livros, e mais tarde no cinema, alimentou um desafio que agora começa a tornar-se realidade. Neste sentido, progressos na área das interfaces cérebro-computador possibilitaram a chegada de dispositivos portáteis, que agora assumem um lugar de destaque no potencial impacto que este paradigma poderá vir a causar no dia-a-dia.

Uma interface cérebro-computador é uma tecnologia emergente que traduz a atividade cerebral em comandos que posteriormente serão interpretados por dispositivos externos. Tal como foi referido anteriormente, este estabelece um canal de comunicação direto unidirecional entre o cérebro e o dispositivo a ser controlado. Porém, esta interface não segue o caminho habitual do sistema neuromuscular – desde o cérebro e os nervos, até aos músculos – neste caso, o dispositivo deteta e interpreta padrões da atividade cerebral provocados por estímulos externos.

E este é, afinal, a grande motivação dos investigadores que continuam a direccionar esta tecnologia para fins medicinais. Aliás, as interfaces cérebro-computador são mesmo vistos como solução para problemas baseados no sistema nervoso central, já que poderá construir

uma nova ponte entre o cérebro e espinha dorsal. E assim, restituir movimentos e funcionalidades motoras, a partir de, por exemplo, a aplicação de próteses.

No entanto, não só de investigação médica vive este paradigma. As potencialidades que este conceito apresenta despertam o interesse de diversas áreas de investigação, onde a educação e o entretenimento não são imunes. E é, inclusive, nestas áreas que alguns esforços começam agora a ser direcionados. O desenvolvimento de dispositivos cada vez mais pequenos, simples, ergonómicos e portáteis, permite que os contextos de uso, e o perfil do próprio utilizador, se alterem, o que resulta numa introdução do paradigma nas questões do quotidiano.

Assiste-se, então, ao nível da investigação, a um novo impulso. A própria tecnologia é favorecida com o interesse de diversas áreas do saber, empenhadas em potenciais aplicabilidades, centradas no utilizador, e o carácter interdisciplinar do paradigma é criado.

Desta forma, e observando este percurso natural, acontece então aquilo que Tan e Nijholt (Tan, S. & Nijholt, A., 2010) identificam como as três grandes fases evolutivas de qualquer tecnologia. Numa primeira instância, e com o advento de uma nova tecnologia ou dispositivo, há a necessidade de demonstrar as suas funcionalidades básicas. Segundo os autores, esta é uma fase em que mesmo dispositivos mais simples acabam por impressionar e estimular a imaginação. Fase que os autores intitularam de *proof-of-concept*.

Numa segunda fase, à qual Tan e Nijholt chamaram de emulação, a necessidade de provar as capacidades desta tecnologia levam-na replicar atuais dispositivos já disponíveis. É também, segundo os mesmos, uma fase em que a investigação começa a ser realizada de forma mais aprofundada, e transversal a outras áreas do conhecimento.

Na terceira e última fase, os autores acreditam que a tecnologia adquire o seu próprio espaço, o que leva *designers* e investigadores a explorar os meandros da nova tecnologia para desenvolver experiências únicas.

Aplicado ao *boom* do paradigma cérebro-computador, as três fases de Tan e Nijholt, são encaradas como um processo natural de evolução de um conceito que dá já os seus primeiros passos, e que poderá assumir uma postura mais madura mediante não só a contínua investigação e descoberta dentro do próprio conceito, bem como a criação de laços com outras áreas do saber, através de projetos de investigação e outros trabalhos.

Os autores vão ainda mais longe, descrevendo alguns projetos, ligados à área da IHC, onde o paradigma cérebro-computador poderá desempenhar um papel fundamental. Essencialmente, a dupla destaca a importância que esta área do saber poderá significar para o conceito cérebro-computador, especificamente no que ao estudo do utilizador diz respeito. O seu comportamento, a sua resposta a estímulos são analisados e aproveitados pelos investigadores da área da interação homem-computador para o desenho de interfaces cada vez mais acessíveis e adaptadas ao utilizador.

Nesta medida, a tecnologia de interação cérebro-computador deverá ser encarada como oportunidade que acrescenta novas variáveis de análise que permitirão definir, de forma ainda mais completa e estruturada, o perfil do utilizador, bem como o seu contexto de uso.

E, de um modo geral, esta perspetiva poderá ser uma realidade para a web também. Se for tida em consideração a forma cada vez mais acessível, natural e intuitiva com que é possível aceder a conteúdos digitais, alicerçada na definição que coloca o indivíduo numa permanente

sobreexposição a um “fluxo de estímulos orientados para monopolizar, açambarcar e devorar a sua atenção” (Bento, 2011).

Esta é, por sinal, uma das maiores questões da atual sociedade da informação e do conhecimento: a massificação e conseqüente livre acesso a conteúdos digitais, que obriga o utilizador a direcionar a sua atenção. Fundamentalmente, se for tida em conta a limitação cognitiva do ser humano, no que à atenção e memória diz respeito. Neste âmbito, investigadores na área da psicologia e economia desenvolveram um “ponto de equilíbrio” da teoria que ficou conhecida como a “economia da atenção” (Davenport & Beck, 2001), que esclarece a ligação entre a intensidade da informação disponível para os consumidores e, ao mesmo tempo, a quantidade de atenção que estes podem direcionar nesse sentido.

Para Keringer, uma sociedade rica em informação é caracterizada por uma forte competição pela atenção das pessoas, ou consumidores. Este comportamento resulta muitas vezes num fluxo de informação, de tal ordem massificado, que dificulta a classificação do que é mais relevante e útil. Esta acaba também por ser a questão levantada também pelas interfaces baseadas na atenção (Attentive User Interfaces - AUI), onde a esta limitação cognitiva é encarada como uma componente essencial ao processo de *grounding* (Clark, H. & Brennan, S., 1991). Ou seja, a convergência, de forma partilhada, de um entendimento mútuo, num processo de comunicação. O que se traduz em oportunidades de desenvolver sistemas computacionais de comunicação centrados no processo cognitivo da atenção.

Não obstante, e do ponto de vista fisiológico, este processo é também passível de ser observado e quantificado. Tomando como método de leitura o electroencefalograma, a atenção pode ser observada, neurologicamente, através da medição da frequência da onda Beta, a qual se encontra associada às contrações musculares. Por outras palavras, frequências de onda curta, e de baixa amplitude, que estão intrinsecamente ligadas à resistência ou restrição voluntária de movimento, representam pensamento ou concentração ativa.

Mas esta não é a única variável quantificada, de forma tão direta, pela leitura de EEG. Tal como poderá ser analisado, no segundo capítulo, a maioria dos dispositivos de interação cérebro-computador portáteis justificam o reconhecimento de vários estados emocionais, ou processos cognitivos, através da leitura e interpretação dos diversos tipos de onda. A par da atenção, a meditação<sup>1</sup> é outra variável que as empresas produtoras destes dispositivos móveis apontam como diretamente ligada a outra onda cerebral: a onda Alpha.

Esta onda é caracterizada pelo facto de emergir quando o indivíduo se encontra de olhos fechados, e relaxado. O que permite aferir uma associação direta entre este padrão de actividade cerebral e o próprio estado mental em si.

Contudo, e ao contrário do extenso recurso à atenção para o desenvolvimento de sistemas interativos e comunicacionais centrados no utilizador, a meditação, na avaliação da caracterização da onda Alpha por electroencefalograma, não tem sido utilizado com tanta frequência para o desenho de sistemas centrados na sua flutuação. Aliás, esta variável tende habitualmente a ser utilizada como indicador, numa fase de testes, de experimentação, antes do produto ser lançado para produção.

---

<sup>1</sup> Nome utilizado pela tecnologia eSense, no dispositivo Mindwave, para descrever o nível de relaxamento que pode ser detetado através da actividade cerebral.

Assim, e do ponto de vista do desenvolvimento do projeto, este poderá ser o grande desafio proposto: o desenvolvimento de um *design space* centrado no desenvolvimento de interfaces para web, recorrendo a estas duas variáveis, medidas a partir da leitura de um registo electroencefalográfico, captado com um dispositivo de índole comercial, que altera a interface mediante o cálculo ponderado dos valores recolhidos. Usando o estado mental do utilizador, para influenciar a interface, de forma a facilitar a comunicação entre este e computador.

### 1.3 A Metodologia Utilizada

A investigação em torno desta problemática resulta da conjugação de diversos elementos, grande parte deles bibliográficos. Tal como a epistemologia da própria palavra indica, um caminho que deverá ser percorrido para a concretização de algo, o processo metodológico aplicado deriva da necessidade de vincar as questões essenciais, sem que o desvio ao caminho seja tomado, mas sempre com o cuidado de perceber se outras “vias do saber” poderão acrescentar valor a um tema com diversos caminhos, pouco pavimentados.

Apesar da natural interligação entre o desenvolvimento do projeto e a dissertação, faz sentido, nesta fase, separar as duas áreas, já que assumem claramente perfis de desenvolvimento diferentes. À partida, a vertente de projeto assume um carácter vincadamente mais prático, com a procura de um reflexo objetivo, num contexto de uso. Contudo, a sustentação teórica nunca foi descartada, tornando-se inclusive parte da estruturação das provas de conceito desenvolvidas.

Na prática, é esse o perfil desta dissertação, já que assenta a sua problemática no desenvolvimento de provas de conceito, alicerçados numa forte componente teórica e bibliográfica, planeados segundo um calendário que contempla as várias fases de desenvolvimento. Com metas bem definidas, pragmáticas e seguras, numa tentativa de assegurar uma metodologia coerente e sem grandes percalços.

#### **A Calendarização**

O desenvolvimento do projeto em torno desta dissertação teve início do mês de Outubro de 2013, fase de pesquisa sobre qual o projeto a desenvolver. Durante todo o primeiro semestre, foi desenvolvida pesquisa que procurasse responder a questões que definissem o projeto, no seu todo. Contextos de uso, tipos de plataformas, tecnologias, indivíduos, mas, e acima de tudo, sustentação científica que fundamente a proposta e torne a sua investigação viável.

Esta fase, dada a sua importância, e a problemática de onde deriva, exigiu uma maior abertura a novas ideias e aplicações que permita alargar o *design space* com outras provas de conceito criativas e úteis. Desta forma, e seguindo a linha temporal presente no calendário (APÊNDICE A), o processo iniciou-se com a reunião de geração creativa de ideias, abrindo a discussão a um painel de investigadores e profissionais, das áreas artísticas e tecnológicas que dessem o primeiro passo na criação deste espaço.

No entanto, e ao contrário do esperado, não será utilizada a técnica de Brainstorming, no seu método tradicional. No seu lugar outras técnicas serão abordadas e discutidas no Capítulo 2, com destaque para o *Brainwriting*, já que é essencial que os protagonistas desta geração de ideias, se mantenham focados nos princípios propostos deste projeto: criação de um *design space* que contempla a medição de valores recolhidos de um electroencefalograma sobre a atenção e o meditação, no desenho de páginas web.

A fase seguinte, já com todas as provas de conceito devidamente delineadas, passa pela produção, recorrendo às tecnologias e equipamentos descritos durante a fase inicial. Aliás, a fase de pré-produção de projeto, que ocupa todo o primeiro semestre do ano letivo, é particularmente importante na pré-definição de todos estes pormenores, visando uma metodologia, como havia sido dito anteriormente, coerente e livre de problemas.

Outra fase contemplada nesta investigação são experiências com utilizadores. Este método deverá permitir aferir, após o contacto do utilizador com as provas de conceito, novas ideias e contributos para expansão do *design space*, aproveitando a sua disponibilidade e eventual entusiasmo com a experiência.

### **A Pesquisa**

Enquadrada no presente documento, a pesquisa, essencialmente bibliográfica, contribui, de forma considerável, em todas as fases de desenvolvimento. Tal como já foi referido no início da presente secção, esta simbiose entre projeto e dissertação reflete-se no planeamento das tarefas a ser desempenhadas, mas também na literatura, e outros recursos, que possam contribuir de forma decisiva para a investigação.

No que às tipologias de pesquisa utilizadas diz respeito, é importante realçar já as reuniões de processos criativos e, posteriormente, as experiências com utilizadores. As duas ferramentas serão abordadas na Secção 3.4 e 3.7 respetivamente, e inclusivamente enquadrados na calendarização dos vários processos de desenvolvimento da investigação.

A pesquisa bibliográfica desempenha um fator preponderante no enquadramento do tema, e principalmente dota o investigador de conhecimento na articulação do seu discurso e competências. Contudo, esta ferramenta não se encontra contemplada na calendarização, isto porque não é encarada como algo estanque, como um início e fim parametrizados. Deve, pelo contrário, ser um processo contínuo, regulado pelo próprio investigador, que aproveite as *milestones* definidas pelas outras ferramentas para maturar a sua leitura e escolha.

Em forma de conclusão, fica ainda uma importante menção para duas referências em suporte videográfico. Ambas de intuito tutorial, afirmaram-se fundamentais na pré-produção de projeto (vídeos de User Experience e Human-Computer Interaction) e na sustentação do estado da arte (desenho de interfaces cérebro-computador).

## **1.4 A Estrutura do Documento**

Este documento apresenta uma estrutura definida por 4 capítulos que dão suporte às seguintes áreas:

1. Introdução;
2. Estado da arte;
3. O Projeto: Interfaces cérebro-computador no desenho de páginas web;
4. Conclusões e trabalho futuro.

Com a Capítulo 1 a apresentar as premissas desta investigação, descrevendo as suas motivações e parâmetros, o Capítulo 2 pretende sustentar essas motivações com a pesquisa teórica realizada. Um espaço de consulta onde são desenvolvidos as áreas de influência do projeto, bem com a sua contextualização, definições, áreas de desenvolvimento, paradigmas e elementos de interação. No Capítulo 3 serão abordadas as técnicas, as decisões, as tecnologias utilizadas, as experiências desenvolvidas tomando como ponto de partida o estado da arte e os

conhecimentos reunidos até então. Por fim, o Capítulo 4 fará o rescaldo desta investigação. É o espaço de análise macroestrutural da investigação, de alguns resultados mais relevantes, das dificuldades sentidas e dos objetivos alcançados, deixando ainda algumas perguntas sobre este trabalho e a sua evolução.



## 2 O Estado da Arte

O presente capítulo apresenta as bases desta dissertação, e os temas sob os quais gravita o projeto sustentado nesta investigação. Nas próximas seções, serão discutidos os termos e os conceitos mais utilizados, os projetos e os autores que ajudaram a construir uma perspectiva sobre as ICC no desenho de páginas web.

Este capítulo encontra-se dividido em seis grandes áreas que forma os pilares do projeto desenvolvido no Capítulo 3. Desta forma, será discutida com maior profundidade o conceito de *design space*, de ICC, as suas áreas de aplicação e história, e o seu contexto no amplo paradigma da IHC. Serão ainda analisadas duas tipologias de interfaces intrinsecamente ligadas ao projeto desta investigação - Interfaces de adaptativas e de atenção. Haverá ainda oportunidade de analisar a área do Web Design, as suas tecnologias e áreas de atuação, de forma a contextualizar o seu contributo para uma investigação que incide sobre conceitos e tecnologias ligados ao desenvolvimento de páginas e aplicações para a web.

### 2.1 O conceito de design space

*“Designing in a multi-dimensional space gives many “best” points, so nature has no best animal. Successful life includes flexible viruses, reliable plants, social insects and powerful tigers, with the latter endangered. (...) Likewise, computing has no “best”. If computer performance was just about processing we would all want supercomputers, but laptops with less power perform better for some (David et al, 2003).”* (Whitworth et al, 2013)

A analogia de Whitworth et al (2013) define o conceito de *design space* de uma forma bastante natural. Para o autor, a comparação deste conceito com a própria Natureza, e a utilidade da sua biodiversidade, para a representação de um modelo concetual de *design*., vai ao encontro do objetivo proposto nesta investigação, e sob o qual, as provas de conceito, desenvolvidas no Capítulo 3, definem a sua génese: a criação e organização de um espaço de ideias que contemple a utilização de interfaces cérebro-computador, nomeadamente na mediação da atenção e meditação, no desenho de páginas web. Mas MacLean *et al.* (1991) definem a análise deste conceito da seguinte forma:

*“Design Space Analysis is an approach to representing design rationale”* (MacLean & Young, 1991)

Ou seja, e segundo os autores, *design space* deve ser considerado um processo de tomada de decisões sobre um determinado sistema. Uma lista de critérios, e as razões pelas quais foram escolhidas, que são tomadas durante o processo de *design*. MacLean e Young., que referem o uso de uma notação semiformal *QOC* (*Questions, Options and Criteria*) para estruturar este conceito, alinham o modelo a partir dessas 3 premissas:

*“The main constituents of QOC are Questions identifying key design issues, Options providing possible answers to the Questions, and Criteria for assessing and comparing the Options.”* (MacLean & Young, 1991)

Estes três eixos, quando aplicados ao âmbito do projeto desta dissertação, poderão ser identificados da seguinte forma:

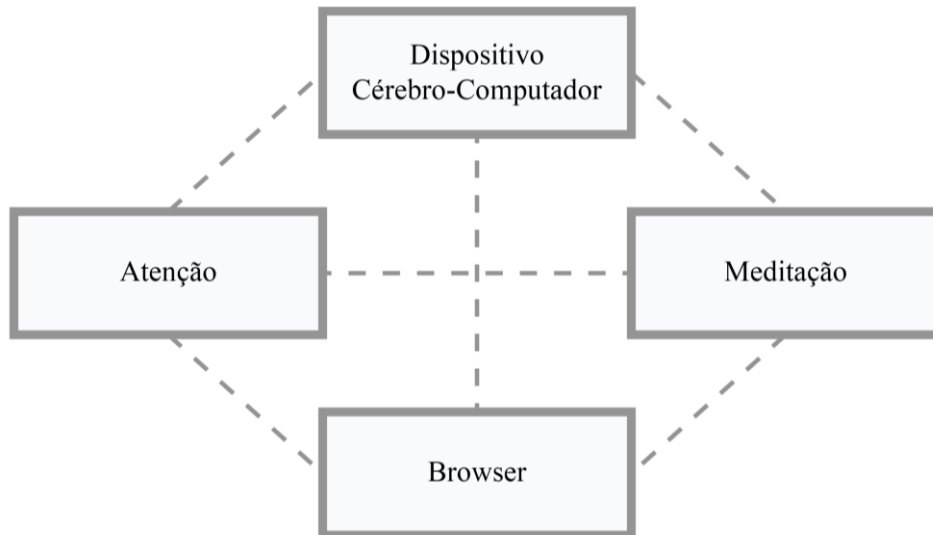
- Como introduzir o conceito de interface cérebro-computador na interação com páginas web (*Question*);

- Que contemple alterações visuais e auditivas durante a medição da atenção e meditação (*Options*);
- Dentro da janela de navegação de Internet (*Criteria*).

É esta perspectiva, de articulação ordenada entre premissas, que possibilita o desenvolvimento em diferentes planos dentro do mesmo espaço, a criação de propostas alternativas à ideia base, sem nunca abandonar os seus pressupostos. Por outras palavras, este processo permite desenvolver hipóteses alternativas de *design*, refletindo o mesmo problema e o mesmo conjunto de opções e critérios. Aliás, MacLean e Young referem isso mesmo:

*“Design Space Analysis also takes account of justifications for the design (and possible alternative designs) that reflect considerations such as consistency, models and analogies, and relevant data and theory.”* (MacLean & Young, 1991)

Assim, e tendo em conta esta perspectiva metódica sobre o conceito de *design space*, foi possível resumir o espaço que se pretende criar no seguinte esquema:



**Ilustração 1 - Esquema representativo do design space proposto**

Esta será a estrutura do *design space* que será amplamente discutido ao longo deste documento. E dada a importância da definição deste espaço logo à partida, obriga a que este seja definido o mais previamente possível.

## 2.2 Interfaces Cérebro-Computador

De forma concisa, este capítulo pretende descrever os meandros do paradigma cérebro-computador, e das tecnologias a ele associadas. Assim, e para além da habitual contextualização histórica, e descrição do conceito, o presente capítulo percorre ainda um conjunto alargado de áreas de investigação que, de forma direta ou indireta, contribuem para esta investigação e que, em conjunto, poderão abrir novas perspetivas e motivações a este tema.

### **O que é uma Interface Cérebro-Máquina?**

Para Jonathan Wolpaw et al., investigadores na área das interfaces cérebro-máquina, a resposta a esta pergunta pode ser colocada da seguinte forma:

*“Brain-computer interface is a method of communication based on neural activity generated by the brain and is independent of its normal output pathways of peripheral nerves and muscles. The goal of BCI is not to determine a person’s intent by eavesdropping on brain activity, but rather to provide a new channel of output for the brain that requires voluntary adaptive control by the user.”* (Wolpaw et al., 2000)

Esta perspetiva sobre o controlo da atividade cerebral, por parte do utilizador, na interação com sistemas digitais, de forma a atingir deliberadamente um objetivo, é também partilhada pelos investigadores Tan e Nijholt (2010). Os autores, na sua obra “Brain-Computer Interfaces”, defendem os avanços conseguidos em áreas como a ciência cognitiva e as técnicas imagiológicas como responsáveis diretos pela interpretação da atividade cerebral:

*“Researchers have used these technologies to build brain-computer interfaces (BCIs), communication systems that do not depend on the brain’s normal output pathways of peripheral nerves and muscles. In these systems, users explicitly manipulate their brain activity instead of using motor movements to produce signals that can be used to control computers or communication devices.”* (Tan & Nijholt, 2010)

Mas, Zander, Kothe, Jatzev, & Gaertner (2010) vão mais longe. Assumindo a definição de Wolpaw (2000), os autores sugerem que as interfaces cérebro-computador podem ser divididas em dois subtipos, resumidos a partir da perspetiva do paradigma homem-máquina:

- **Interfaces diretamente controladas:** Algumas interfaces cérebro-computador permitem uma comunicação direta com um determinado sistema, mapeando o controlo consciente da atividade cerebral num novo canal de saída artificial. Assim, é possível contornar os *outputs* naturais do cérebro, que são essenciais para aplicações clínicas. O trabalho de Blankertz *et al.* (2007) enquadra-se nesta classe, uma vez que usaram uma interface cérebro-computador baseada em imagens motor-sensoriais para mapear as imagens mentais num sinal de controlo com vários valores;
- **Interfaces indiretamente controladas:** Este grupo centra a sua atenção na modulação consciente da atividade cerebral, que surge como resposta a estímulos externos, posteriormente mapeada para um sinal artificial de controlo. Exemplo desta classe de interfaces é o estudo de Farwell e Donchin (Farwell & Donchin, 1988), o qual deteta o potencial evocado P300<sup>2</sup> quando as letras do alfabeto dispostas em matriz são exibidas em ordem aleatória.

---

<sup>2</sup> O P300 caracteriza-se por um sinal, no registo eletroencefalográfico, que ocorre 300 ms após exposição de uma pessoa a estímulo físico. Na maioria das interfaces cérebro-computador, que recorrem ao sinal P300 como mediador na sua comunicação, o estímulo utilizado é essencialmente visual. Letras, números, ou outros estímulos visuais são organizados em forma de matriz, onde as suas linhas e colunas piscam em rápida sucessão, enquanto o utilizador concentra a sua atenção sobre o item que deseja selecionar (Daly & Wolpaw, 2008).

Os autores abordam a definição de Walpow et al. (2000) como interfaces cérebro-computador clássicas:

*“The classical BCI [Brain-Computer Interface] occupies, in the framework of the above definition, the role of providing information which is actively messaged or modulated by the user in order to control the application. What is not covered, however, is information which is not consciously chosen by the user, spanning a large fraction of implicit user state.”* (Zander, Kothe, Jatzev, & Gaertner, 2010)

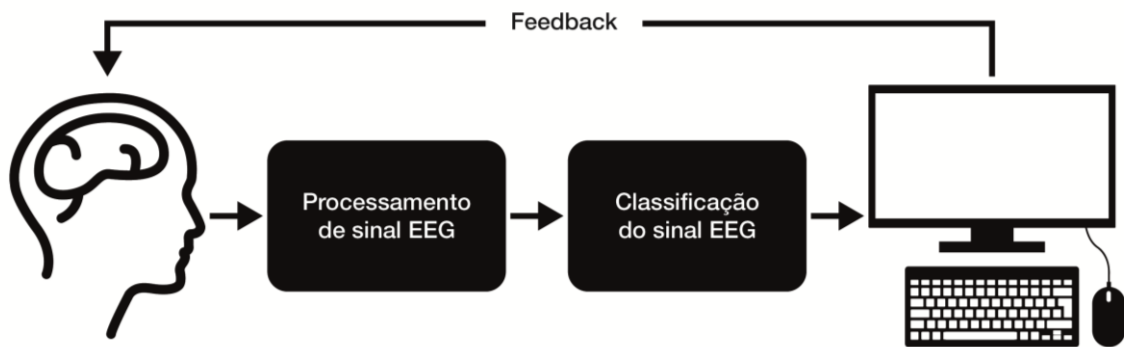
Uma visão interessante já que os autores assumem que existem duas fases distintas na evolução destas interfaces. Com a segunda fase a surgir quando são observados os benefícios da recolha de dados da atividade cerebral, inconsciente por parte do utilizador, na aplicação a interfaces homem-máquina. Neste contexto Zander, Kothe, Jatzev, & Gaertner (2010) definem três grandes tipos de interfaces cérebro-computador:

- **Ativas:** que derivam o seu *output* a partir da atividade cerebral, controlada conscientemente pelo utilizador, independentemente dos estímulos externos, para controlo de aplicações;
- **Reativas:** que definem o seu *output* através da atividade cerebral, decorrente da reação a estímulos externos, indiretamente modulada pelo utilizador para controlo de aplicações;
- **Passivas:** que derivam o seu *output* a partir de atividade cerebral arbitrária, sem o propósito de controlo voluntário, de forma a enriquecer a interação homem-computador com informações implícitas.

Nesta nova categorização, a grande alteração, salientam os autores, é a introdução da definição de interfaces cérebro-computadores passivas. Já que as interfaces ativas e reativas correspondem àquelas que os autores referem como interfaces clássicas: direta e indiretamente controladas, respetivamente. Este novo grupo é então encarado como um grupo complementar a outras interfaces mais tradicionais, de controlo consciente. Contudo, os autores deixam uma nota:

*“The boundaries between these categories are smooth, since neither conscious controllability nor dependence on external events are binary properties of brain activity.”* (Zander et al., 2010)

Assim, tendo em conta as opiniões supracitadas, uma interface cérebro-computador, de uma maneira geral, caracteriza-se pela captação e interpretação da atividade cerebral, controlada, ou não, pelo utilizador. Posteriormente, esta classifica e adapta o seu sinal mediante os dados recolhidos, garantindo o feedback adequado ao utilizador.



### Ilustração 2 - Esquema de funcionamento de uma interface cérebro-computador

Seguindo o esquema (Ilustração 1) anterior, uma interface cérebro-computador deve apresentar 3 fases:

- 1) registrar a atividade diretamente do cérebro, de forma invasiva ou não-invasiva;
- 2) fornecer *feedback* ao utilizador, e deve fazê-lo em tempo real;
- 3) e finalmente, o sistema deve depender do controlo intencional.

Ou seja, o utilizador deve ter a possibilidade de escolher uma tarefa mental sempre que desejar alcançar um objetivo com uma interface deste tipo. Opinião partilhada por (Vallabhaneni, Wang, & He, 2005), que tendo como referência o trabalho de Mason e Birch (Mason & Birch, 2003), os quais desenvolveram um sistema universal funcional para interfaces cérebro-computador sobre o qual um vocabulário geral poderia ser desenvolvido e diferentes sistemas ICC poderiam ser comparados numa estrutura unificada, refere o seguinte:

*“The goal of a BCI system is to allow the user to interact with the device. This interaction is enabled through a variety of intermediary functional components, control signals, and feedback loops.... Intermediary functional components perform specific functions in converting intent into action. By definition, this means that the user and the device are also integral parts of a BCI system. Interaction is also made possible through feedback loops that serve to inform each component in the system of the state of one or more components.”* (Vallabhaneni, Wang, & He, 2005)

Porém, o design de interfaces cérebro-computador encara alguns constrangimentos. Para (Lotte, Congedo, Lécuyer, Lamarche, & Arnaldi, 2007) o *design* desta tipologia de interfaces enfrenta um conjunto variáveis comuns, mas ao mesmo tempo críticas, que deverão ser consideradas à partida:

- **Ruído e discrepância nos dados obtidos:** a captação por eletroencefalograma regista uma qualidade de sinal bastante baixa;
- **Leitura multicanal:** os dispositivos de interface cérebro-computador apresentam, habitualmente, um conjunto alargado de canais de captação de sinal da atividade cerebral, segmentados por tempo, antes de serem concatenados num único vetor de registo;

- **Informação temporal:** os sistemas baseados neste paradigma devem contemplar o fator tempo no registo da informação, já que os padrões de atividade cerebral estão geralmente relacionados com variações específicas no eletroencefalograma;
- **Recursos não-estacionários:** os recursos dos sistemas de interfaces cérebro-computador são não-estacionários, visto que o sinal eletroencefalográfico pode rapidamente variar ao longo do tempo, e mais ainda ao longo de cada sessão;
- **Pequenos grupos de treino:** no caso de interfaces que exijam o controlo da atividade cerebral por parte do indivíduo, os grupos de treino deverão ser relativamente pequenos pois requerem bastante tempo e exigem bastante dos sujeitos.

Contudo, e segundo Grainmann *et al.* (2010), dispositivos que apenas detetam, de forma passiva, a atividade cerebral sem qualquer intenção, como o registo EEG associado à excitação, ou ao sono, não são consideradas interfaces cérebro-computador.

Em suma, as potencialidades deste paradigma podem alcançar um largo espectro de áreas de aplicação, desde a bioengenharia (Birbaumer, 2006), a monitorização (Cutrell & Tan, 2008; Müller *et al.*, 2008), investigação no âmbito da neurociência (Berka, Pojman, Trejo, & Coyne, 2010) e, fundamentalmente, a IHC (A. Nijholt, Erp, & Heylen, 2008). No entanto, no âmbito desta dissertação, o foco incidirá sobre a interação homem-máquina, justamente pela importância desta área no desenvolvimento do projeto proposto. Mas, e dada a recolha de dados sobre a atenção e o relaxamento, variáveis influentes na adaptação de páginas web, é ainda destacada a área da monitorização. Pois esta última permitirá recolher informações importantes, não só sobre a atividade cerebral, mas também sobre o comportamento e percepção visual que o utilizador terá sobre as provas de conceito produzidas.

### **A História**

A linha temporal e evolutiva, usada nesta secção, que descreverá a história das interfaces cérebro-computador, terá como esteio o eletroencefalograma como registo gráfico e suporte utilizado para captação e interpretação da atividade cerebral. Esta opção é suportada pelo facto de que a grande maioria destas interfaces baseiam as suas características nesta tipologia de registo. Assim, e apesar de existir alternativas no sentido oposto, o presente documento apenas foca as tecnologias que são recorrentes neste paradigma, actualmente. Pois, pretende-se dar a conhecer o caminho que foi percorrido e permitiu chegar aos dispositivos que são hoje comercializados, e estão acessíveis ao utilizador comum.

Como já foi anteriormente referido, a génese deste conceito parte do trabalho do neurologista Hans Berger, que em 1929 publica o seu primeiro trabalho onde demonstra a técnica do registo da atividade elétrica do cérebro humano a partir da superfície da cabeça, mais tarde intitulada eletroencefalografia. O seu trabalho, aliás, é precedido por Richard Caton, ainda no século XIX, quando este fez descobertas sobre fenómenos eléctricos dos hemisférios cerebrais em animais. Com o seu trabalho a ser refletido numa publicação na *British Medical Journal* em 1895. Contudo, e à data de publicação do trabalho de Hans Berger, em 1929, é necessário avançar alguns anos até que uma nova descoberta tenha contribuído de forma vincada para o desenvolvimento de interfaces cérebro-computador.

Praticamente meio século depois, Duffy, Burchfield e Lombroso (Duffy, Burchfield, & Lombroso, 1979) conseguem produzir um mapa topográfico da extensão espacial das várias bandas de frequência cerebral, que são hoje em dia padrão na maioria dos sistemas de

electroencefalografia digitais. Este feito, segundo Barbara Swartz (Swartz, 1998), disseminou a valorização da técnica para outras áreas da medicina, como os cirurgiões ou psiquiatras, melhorando inclusive a comunicação entre neurofisiologistas e especialistas noutras áreas do saber.

Ainda na década de setenta, e segundo Jonathan Wolpaw et al. (Wolpaw et al., 2000), um conjunto de cientistas desenvolveu um sistema de comunicação simples, conduzido pelo registo de atividade elétrica cerebral. O autor refere ainda que, nessa década, a Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (Advanced Research Projects Agency - ARPA) do Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, começou a direcionar a sua atenção em tecnologias mais imersivas e que potenciassesem a interação entre humanos e computadores. Ou melhor, entre soldados e computadores. Desta iniciativa resultou a pesquisa conduzida por George Lawrence. O investigador focou-se no desenvolvimento de técnicas que melhorassem a performance dos soldados em tarefas de alta carga mental. A sua pesquisa permitiu recolher muita informação sobre métodos de auto-regulação e bio feedback cognitivo mas, segundo Wolpaw et al. (Wolpaw et al., 2000), o progresso foi mínimo relativamente às metas propostas.

Por outro lado, o autor destaca Jacques Vidal, investigador da Universidade da Califórnia e diretor do Laboratório de Interfaces Cérebro-Computador na mesma Universidade, pelo seu trabalho na área da biocibernética. O seu projeto, que data de 1977, permitiu mostrar, usando estimulações visuais geradas por computador e um sofisticado processamento de sinais, que potenciais evocados visuais podem ser capazes de se definir como um canal de comunicação que permite ao ser-humano controlar o movimento de um cursor num labirinto bidimensional.

O trabalho desenvolvido por Vidal, e mais tarde por outros investigadores, prova, segundo Walpow et al. (Wolpaw et al., 2000), que os sinais provenientes da atividade cerebral podem efetivamente ser usados para comunicar as intenções do indivíduo. Este facto criou também uma separação clara entre os sistemas baseados em eletroencefalografia e outros que recorrem à eletromiografia<sup>3</sup>.

E é esta distinção, que sustenta a afirmação de Walpow et al. (Wolpaw et al., 2000), no início deste capítulo, a qual defende um sistema de interface cérebro-computador focado apenas na atividade cerebral, independente da interação do cérebro com nervos periféricos e músculos. O autor defende ainda que o conceito reflete a principal razão do recente interesse no desenvolvimento deste paradigma: as possibilidades que oferecem no advento de novas tecnologias de comunicação, direcionadas a pessoas com graves paralisias ou com défices severos nos seus movimentos.

### **Interfaces Cérebro-Computador no contexto da Interação Homem-Máquina**

*“Since the era of the industrial revolution, the interaction between human and machine changed drastically. At first, machines were only capable of replacing human physical labor, which made the interaction between both purely physical. Later, introduction of computing systems and the personal computer suddenly opened up the possibility to allocate cognitive tasks to a system. These developments caused a paradigm shift in Human-Computer Interaction (HCI).” (van Erp et al., 2010)*

---

<sup>3</sup> Registo das correntes elétricas geradas nas membranas celulares de um músculo.

Antes da era dos sistemas de computação, a interação entre o ser-humano e a máquina era puramente físico. A otimização da performance do sistema homem-máquina, na era industrial, significava a melhoria da própria máquina ou componente. Mas, com a introdução do computador esta perspectiva alterou-se. Segundo, van Erp et al. (2010), Fitts (Fitts, 1951) foi um dos primeiros autores a reconhecer em ambas as entidades as suas diferentes aptidões, e elaborou uma lista onde descreveu onde cada uma se destaca. Seguindo esta abordagem, a atribuição de tarefas foi baseada nas aptidões de cada entidade, levando a uma lista que classifica as funções que o ser-humano, a máquina ou ambos podem desempenhar (Sheridan, 2000). No entanto, para Dongen e Maanen (Dongen & Maanen, 2005), a lista de Fitts (Fitts, 1951) não contemplava situações dinâmicas, como o próprio ambiente ou contexto, duas variáveis em constante mudança, que criam uma constante procura por novas aptidões e, conseqüentemente, leva ao conceito de que atribuição de funções também deverá ser dinâmica (van Erp et al., 2010). Esta visão baseia-se na concepção de ajudar o utilizador apenas quando as limitações de processamento de informação humana emergem.

Contudo, a aplicação de novas tecnologias de sensores e de informação dá origem a novos desafios para o ser-humano. O aumento da complexidade de sistemas, do próprio volume de informação, de autonomia e integração de diferentes tarefas provoca no utilizador enormes desafios na sua interação com os sistemas, por exemplo, entre condições normais de trabalho e situações de emergência. Estes desafios pedem novos paradigmas na relação homem-computador que permitam uma performance continuamente otimizada, por parte do utilizador. Neste caso, o conceito de *augmented cognition* estende o paradigma do auxílio à adaptação pela integração do sistema e do utilizador num circuito fechado onde o estado cognitivo deste, e o contexto operacional em que está envolvido, deve ser considerado (Kruse & Schmorow, 2005). Um dos desafios no desenvolvimento destes sistemas fechados diz respeito ao momento em que a otimização deve ser efetuada, onde o conceito de carga de trabalho é geralmente considerado o conceito chave nessa decisão. Contudo, é unânime entre investigadores que este é um conceito transversal, difícil de definir e de medir. (Gopher & Donchin, 1986).

Assim, há a necessidade da futura geração de interfaces, de forma a conseguir lidar com os desafios que se avizinham, serem mais centradas no utilizador para compreender e antecipar as suas atitudes. Devem ir além do teclado e do monitor, devem ser personalizadas, e deverão utilizar canais de comunicação que se assemelhem à interação entre pessoas (van Erp *et al.*, 2010).

#### *Recurso ao Estado do Utilizador na Interação Homem-Computador*

Segundo Zander et al. (2010), a interação a que atualmente se assiste entre o ser-humano e as máquinas, em geral, é dominada por eventos explícitos, exigindo um elevado grau de conhecimento por parte do utilizador. Os autores discriminam, inclusive, da seguinte forma:

*“Commands are messaged by explicit manual actions, like button presses, or speech control, and information is fed back from the machine through visual, auditory and/or tactile displays.”* (Zander et al., 2010)

Para além disso, os autores destacam ainda que é possível observar um forte desenvolvimento, especialmente no paradigma homem-computador, do fluxo de informação, que se aproxima de uma complexidade de interação que pode saturar a capacidade do utilizador. Assim, novas abordagens evoluem como interações Homem-computador adaptativas ou interpretativas (Chen & Vertegaal, 2004; Rötting et al. 2009), o contexto de interação passa a ser



considerado, e o conhecimento sobre o estado atual do utilizador, dentro da interação, passa a ser fundamental no desenho de novos projetos.

Hoje, informações relevantes na IHC compreendem o estado do sistema técnico, do ambiente que rodeia o sistema, assim como o estado do utilizador, nomeadamente os seus processos cognitivos. Pois estes podem refletir informações altamente complexas, codificadas maioritariamente pelo cérebro. Estes valores do estado do utilizador podem ser, segundo Zonder et al. (2010), divididos em dois grupos distintos que podem carregar informação relevante (e implícita): os processos cognitivos latentes, como a excitação, a fadiga, e os exemplos mais complexos como a falta de controlo (Jatzev et al., 2008); e os processos cognitivos de tempo limitado, conhecidos como eventos cognitivos, da neurociência. Os primeiros exemplos investigados foram a perceção e o processamento de erros com Blankertz et al. (Blankertz & Schäfer, 2002), Zander et al. (Zander et al., 2010) e Ferrez e Millán (Ferrez & del R Millan, 2008), e a reação de surpresa, por Farwell e Donchin (Farwell & Donchin, 1988).

Num sistema que capte o estado do utilizador para uma comunicação implícita, este fluxo de informação pode ser visto como *input* não intencional para o sistema, como comandos implícitos. Devido ao facto de que tais comandos serem gerados automaticamente no decurso da interação, há um aumento do fluxo de informação, enquanto o esforço do utilizador se mantém estável. Por isso, e tal como afirma Zander et al. (2010), o uso de informação cognitiva do utilizador é uma forma eficiente de melhorar a interação homem-computador, contudo, estes são valores difíceis de observar. Existem, no entanto, abordagens para utilizar medidas ostensivas, como o comportamento do utilizador, e de extrair informações correlacionadas com estado fisiológico deste (Becker, Meek, & Chickering, 2007). Além disso, outras medidas fisiológicas como tato (Park, Zhu, Jung, McLaughlin, & Jin, 2005) ou o olhar (Asteriadis, Tzouveli, Karpouzis, & Kollias, 2008; Rötting et al., 2009) têm demonstrado conseguir fornecer informações úteis sobre o estado do utilizador, mas com um âmbito muito limitado, afirma Zander et al. (2010), uma vez que só é possível gerar informações que são fracamente relacionadas com o estado psicofisiológico atual do utilizador (Müller et al., 2008). Esta perspetiva fornece bases para a definição dos aspectos secretos do estado do utilizador (CAUS – Covert Aspects of User State), como a orientação encoberta da atenção (Posner & Cohen, 1984), que será aplicada e devidamente descrita na Secção 3.6.

#### *Interfaces Cérebro-Computador Passivas*

Anterior à definição de Zander et al. (2010), referido no início deste capítulo, sobre categorização de interfaces cérebro-máquina, Kohlmorgen et al. (Kohlmorgen & Dornhege, 2007) e Blankertz et al. (Blankertz & Schäfer, 2002) já proponham a noção de interfaces cérebro-computador passivas, referindo-se a interfaces cérebro-computador como um método de medição, uma vez que os autores dão importância às medidas fisiológicas do estado cognitivo do indivíduo. Contudo, estes estudos não foram analisados na perspetiva da IHC, mas antes na deteção apenas do estado mental do utilizador. Assim, Zander et al. (2010) definem as interfaces cérebro-computador da seguinte forma:

*“Passive BCIs can be seen as secondary communication channels in Human-Machine Systems: a Human-Machine System linked by some primary communication channel (e.g. manual input) can be complemented by an optional secondary channel formed by a passive*

*BCI, influencing and enriching the ongoing primary interaction with implicit user information.*” (Zander et al., 2010)

Numa perspetiva mais profunda sobre a definição, Zander et al. (2010) destacam três aspetos para a sua aplicabilidade, no âmbito do paradigma Homem-computador:

- **Complementaridade:** o conceito de interfaces cérebro-computador passivas é complementar a outros meios de IHC, no sentido em que um não deve interferir no funcionamento do outro, em contraste com a maioria das outras categorias de interfaces cérebro-computador anteriormente referidas. Esta categoria de interface pode ser dependente da presença ou ausência de uma interação Homem-computador em curso, ou seja, deverá ser invariante sob ele.
- **Modularidade:** uma aplicação pode fazer um uso arbitrário de diversos detetores de interfaces cérebro-computador em paralelo, sem que haja nenhum conflito entre estes. Situação que se avizinha mais difícil para as outras categorias de interface devido à limitada capacidade do utilizador, de forma consciente e deliberada, interagir com estes.
- **Custos Controlados:** Uma vez que não é necessário nenhum esforço consciente no uso de interfaces cérebro-computador passivas (além da sua preparação), o seu custo operacional é determinado pelo custo dos erros nas suas previsões.

Atualmente, um espetro alargado de projetos de investigação utilizam interfaces Cérebro-computador para aceder a estados cognitivos, entre eles, a excitação (Chanel, Kronegg, Grandjean, & Pun, 2006), a fadiga (Cajochen et al., 1996), a vigilância (Schmidt & Kincses, 2009) e, neste caso mais próximo do âmbito desta dissertação, a atenção visual (Kelly & Lalor, 2005). Mas diversas outras aplicações emergem desta recolha de dados, como por exemplo, a melhoria da segurança dos sistemas existentes, através da monitorização do seu operador ou utilizador. Aspeto essencial para o cumprimento do fator humano num sistema de interação Homem-computador, segundo Zander et al. (2010).

### **Aplicações**

Jackson e Mappus (2010) olham para as interfaces cérebro-computador da seguinte forma:

*“The original and still prevalent motivation for Brain-computer Interface (BCI) research has been to provide assistive technology for people with severe physical disabilities, particularly locked-in syndrome (complete paralysis and inability to speak) caused by strokes or chronic diseases such as Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS).”* (Jackson & Mappus, 2010)

Todavia, a evolução da computação, decorrida nas últimas décadas, permitiu interações mais eficientes e, ao mesmo tempo, classificações muito mais específicas que alargaram o espectro de potencialidades para o controlo neurológico. O interesse começa a surgir noutras áreas de investigação, e pouco tempo depois discute-se o paradigma no âmbito do entretenimento. Jogos, realidade virtual, expressividade creativa tornam-se novas áreas repletas de potencialidades. Redescobre-se o utilizador e a máquina, o jogador e o seu jogo, o artista e a sua obra.

Jackson e Mappus (2010) qualificaram quatro grandes áreas de aplicação, que estão a ser investigadas e desenvolvidas, para interfaces cérebro-máquina: tecnologias de apoio, de

entretenimento, de diagnóstico e aumento cognitivo e, por fim, reabilitação e próteses. A seguir, serão discutidas mais pormenorizadamente todas estas áreas.

#### *Tecnologias de apoio*

No que diz respeito às tecnologias de apoio, Jackson e Mappus (2010) referem três projetos que consideram ser importantes para restaurar a habilidade de comunicar, controlar o ambiente, e garantir mobilidade em pessoas com graves deficiências físicas.

Nomeadamente na comunicação, Perelmouter e Birbaumer (2000) conseguiram demonstrar que pessoas com síndrome de encarceramento alcançam uma boa qualidade de vida se conseguirem comunicar com as pessoas que os rodeiam. E muitos dos sistemas de comunicação, que recorrem a interfaces cérebro-máquina, baseiam-se na capacidade do utilizador conseguir aprender a regular os próprios aspetos da atividade rítmica cerebral com tarefas mentais. E um dos projetos pioneiros sobre este tema é o “Right Justified Box”, no qual os utilizadores aprendem a modular o seu ritmo cerebral  $\mu^4$ , usando imagens mentais para selecionar um de dois alvos (Vaughan et al., 2001). Este exemplo serve apenas para refletir as potencialidades que um sistema deste perfil poderá oferecer a um tipo de comunicação baseada em respostas positivas ou negativas (sim, não).

Quando Jackson e Mappus (2010) se referem à importância do controlo do ambiente, por parte de pessoas com deficiências físicas, os autores referem-se às capacidades que poderão ser dadas a estas pessoas de controlar dispositivos que se encontram no mesmo ambiente, como por exemplo, a televisão, o vídeo, o ar condicionado, etc. Neste âmbito, Jackson e Mappus referem Cheng *et al.* (Cheng, Gao, Gao, & Xu, 2002) pelo seu contributo nesta área ao conseguirem descrever um sistema de interface cérebro-computador, baseado na leitura de frequências específicas que respondem a estímulos visuais (SSVEP – *Steady State Visually Evoked Potential*), que permite aos seus utilizadores empregar os recursos de seleção distintos de uma interface de controlo SSVEP para marcar números, e assim fazer efectuar chamadas telefónicas.

A mobilidade é uma questão tão importante quanto a comunicação, para pessoas com deficiências físicas. A capacidade de garantir mobilidade a pessoas com graves problemas motores tem sido uma das áreas de investigação onde o paradigma cérebro-computador mais tem contribuído. Exemplo disso é o projeto pertence a Iturrate, Antelis, Kubler, & Minguez (Iturrate, Antelis, Kubler, & Minguez, 2009) que conseguiram descrever uma interface cérebro-computador baseado na deteção de estímulos P300 que envia comandos de movimentos discretos para uma cadeira de rodas que tem um sistema de navegação autónomo e outro de desvio de obstáculos.

#### *Entretenimento*

À medida que as interfaces cérebro-computador se vão tornando cada vez mais eficazes e novos sistemas oferecem maiores larguras de banda para processamento de dados, o controlo de aplicações comuns tornam-se cada vez mais reais e acessíveis. Se por um lado, é inegável afirmar que o primeiro esforço neste sentido era direcionado para pessoas com deficiências

---

<sup>4</sup> O ritmo  $\mu$  é definido por uma frequência, registada no córtex sensoriomotor, que se situa entre os 8 e os 12 Hz. Esta baixa atividade eletroencefalográfica é muitas vezes observada em situações em que não existe envolvimento de estímulos sensoriais ou em que o sujeito analisado se encontra a realizar tarefas motoras (Gastaut, 1952; Kozelka & Pedley, 1990; Fisch, 1999).

motoras, atualmente é um facto que já existem no mercado um conjunto de dispositivos de interface cérebro-computador direccionados para o controlo de jogos. Contudo, e como afirma Jackson e Mappus (2010), apesar do atual estado de evolução destes dispositivos não substituírem os tradicionais comandos e botões de controlo, é igualmente verdade que este paradigma tem vindo a ser introduzido no mundo dos jogos de vídeo como controlo auxiliar de mãos-livres.

Recentemente, A. Nijholt, Bos, e Reuderink (A. Nijholt, Bos, & Reuderink, 2009) desenvolveram uma ampla pesquisa sobre as capacidades e desafios das interfaces cérebro-máquina para controlo de videojogos, e constataram que os primeiros exemplos recorriam ao paradigma cérebro-computador, nomeadamente para deteção de sinais cerebrais, como a atenção, a meditação ou o relaxamento, para alteração de componentes do jogo. Neste caso, o jogo “BrainBall”<sup>5</sup> combina uma interface cérebro-computador simples com um motor de jogo que incute em múltiplos utilizadores, num cenário competitivo, o aumento da amplitude da sua onda alfa, relaxando.

Um dos primeiros exemplos de utilização de sistemas de interfaces cérebro-máquina com controlo dos sinais cerebrais é o Berlin BCI, que mais tarde veio a incluir dois jogos do tipo Pong e Pacman que podiam ser controlados pela modulação das mudanças de tensão geradas no córtex (SCP – Slow Cortical Potentials) (Krepki, Blankertz, Curio, & Müller, 2007). O jogo “BrainBasher” (Bos & Reuderink, 2008) compara uma interface cérebro-computador, baseado em estímulos visuais, com um teclado, recorrendo a um questionário de satisfação que permita descobrir qual das duas versões era mais atraente e interessante.

Dispositivos de índole comercial, tal como o Mindset, da empresa Neurosky ou o Epoc, dos australianos Emotiv, discutidos com maior detalhe nesta secção, também oferecem aplicações simples que permitem demonstrar as potencialidades deste paradigma. O jogo “NeuroBoy”, que acompanha o dispositivo da Neurosky, reproduz um mundo virtual onde o jogador terá que se concentrar ou relaxar para ultrapassar os vários objetivos do jogo. No caso do Epoc, o jogo “Stonehenge” desafia o jogador a montar as peças do monumento megalítico usando movimentos motores.

No que diz respeito a aplicações de realidade virtual, Bayliss e Ballard (Bayliss & Ballard, 2000) são pioneiros na área de ambientes virtuais, com um estudo de interfaces cérebro-computador, baseadas em potenciais evocados<sup>6</sup> P300, para controlo de apartamentos e simuladores virtuais de condução. Mais tarde, tal como é descrito por Pfurtscheller et al. (G. Pfurtscheller et al., 2006), é incorporado o sistema ReaCTor “cave”, um mundo virtual imersivo onde o utilizador pode navegar por intermédio de uma interface cérebro-máquina. Lá, o utilizador pode “andar” num mundo virtual imaginando movimentos de pés, e pode inclusive interagir com objetos imaginando movimentos das mãos.

Para lá das tecnologias de apoio, que tentam restaurar capacidades comunicacionais e de controlo, outra forma de utilizar interfaces cérebro-máquina na melhoria da qualidade de vida é fornecer também formas de expressão criativa aos seus utilizadores. Jackson e Mappus (2010) referem exemplos utilizados em contextos musicais ou sonoros, e artes visuais.

---

<sup>5</sup> <http://www.mobergresearch.com/brainball.html>

<sup>6</sup> Potencial eléctrico detetado no sistema nervoso a partir do eletroencefalograma ou eletromiografia, perante um estímulo externo.

No primeiro caso, os autores apontam para o Plymouth Brain-Computer Music Interface (Miranda & Brouse, 2005). O projeto oferece uma interface de controlo para gerar música através de sinais EEG. O estudo de piano através deste sistema incorpora uma interface cérebro-computador com um motor de música que é influenciada por um sistema que identifica a frequência mais proeminente nos sinais captados.

Nos exemplos de artes visuais, Jackson e Mappus (2010) mencionam a aplicação BrainPainting<sup>7</sup>, originalmente desenvolvida por uma artista com síndrome de encarceramento que cria a sua arte imaginando tarefas linguísticas (cantando silenciosamente para aumentar a resposta, ou recitando sílabas sem sentido para diminuir a resposta) que influenciam as cores e as sombras da sua arte, num programa de pintura.

#### *Diagnóstico Cognitivo e Augmented Cognition*

Dorneich, Whitlow, Ververs e Rogers (Dorneich, Whitlow, Ververs, & Rogers, 2003) definem o termo *Augmented Cognition* (AC) da seguinte forma:

*“AC research aims to enhance user performance and cognitive capabilities through adaptive assistance. AC systems can employ physiological sensors to monitor a user’s performance and regulate the information presented to the user to minimize stress, fatigue, and information overload. When an AC system identifies a state of cognitive overload, it modifies the presentation or pace of information for the user, offloads information, or alerts others about the state of the user”* (Dorneich, Whitlow, Ververs, & Rogers, 2003)

Para além de todas as áreas já descritas anteriormente, o paradigma cérebro-computador ocupa um lugar relevante no desenvolvimento de soluções que auxiliem no diagnóstico, e potenciem sistemas interativos atentos às funções cognitivas dos seus utilizadores. Frequentemente, as representações dos sinais ou estado cerebral de um utilizador tem sido incorporado em aplicações para conseguir ter uma perspetiva mais concreta sobre os processos cognitivos (neurofeedback).

Nesta área, Birbaumer, Hinterberger, Kübler e Neumann (Birbaumer, Hinterberger, Kübler, & Neumann, 2003), como já foi referido anteriormente, tornaram-se uma referência devido ao seu projeto Thought Translation Device (TTD). Uma ferramenta de diagnóstico para pessoas que aparentam estar em estado vegetativo ou coma. O TTD consegue avaliar funções cognitivas através da mediação de potenciais evocados. Em resultado, existe uma função cognitiva se existir uma resposta a um estímulo. Esta informação é bastante preciosa, visto tratar-se de uma forma de perceber quais as hipóteses de um determinado paciente vir a recuperar a sua consciência, ou sair de um coma.

Eskandari e Erfanian (Eskandari & Erfanian, 2008), por outro lado, descrevem um sistema de interface cérebro-computador que ensina o utilizador a controlar o ritmo das suas ondas cerebrais, com recurso à meditação como exercício mental. Analisando o registo eletroencefalográfico, nos sujeitos do grupo de meditação, e ao contrário do grupo de controlo, foi possível verificar uma dessincronização de potenciais evocados, do ritmo da onda cerebral beta, durante o estado de repouso.

---

<sup>7</sup> <http://www.archinoetics.com/>

Também a experiência do utilizador, nomeadamente no paradigma da interação homem-máquina, reflete bastante interesse numa potencial comunhão com os sistemas de interação cérebro-computador. Jackson e Mappus (2010) afirmam que a experiência – computacional – do utilizador envolve a classificação da carga de trabalho mental como um teste de usabilidade para projetos de IHC. Estudos demonstram que sistemas de interface cérebro-computador conseguem classificar, com 99% de precisão, cargas de trabalho mental durante testes de usabilidade (Grimes, Tan, Hudson, Shenoy, & Rao, 2008). Também Cutrell e Tan (Cutrell & Tan, 2008) descreveram um sistema “passivo” que deteta e classifica o estado mental do utilizador, que assim fornece informações sobre este a partir da sua carga de trabalho mental ou estado emocional (satisfação ou frustração) para o interesse no desempenho de uma determinada tarefa. Os autores sugerem que esta informação poderá também ser usada para adaptar a interface do sistema de forma a acomodar o estado mental do utilizador. Anos antes, Lee e Tan (J. C. Lee & Tan, 2006) descreveu um trabalho com uma interface cérebro-máquina, baseado no registo eletroencefalográfico, capaz de classificar tarefas mentais (descanso, navegação e envolver outro jogador). Os resultados obtidos tiveram o objetivo de avançar o estado da arte em testes de usabilidade para HCI.

Outra área de diagnóstico onde as interfaces cérebro-máquina têm sido aplicadas com sucesso recentemente é no uso deste paradigma, com base no registo electroencefalográfico, na classificação automática de imagens visuais, medindo a atividade cerebral relativa a esse estímulo. Estudos demonstram que as imagens alvo conseguem ser identificadas com 90% de precisão (Gerson, Parra, & Sajda, 2006; a. Nijholt & Tan, 2008). Se as imagens forem mostradas por categorias – animais, faces ou objetos – podem ser automaticamente catalogadas por uma interface cérebro-computador de registo EEG, à medida que o indivíduo observa o estímulo (Kapoor & Shenoy, 2008).

Relativamente à monitorização da atenção, o trabalho A. Nijholt et al. (A. Nijholt et al., 2009) destaca-se já que afirma que a monitorização da onda cerebral alfa, através de uma interface cérebro-computador, com recurso a EEG, é mais eficaz como medida do estado de alerta, do que as medidas comportamentais. O autor chega mesmo a propor uma monitorização baseada neste paradigma para avaliar a sonolência, revendo a sua carga de trabalho ou informando quando utilizador deve descansar.

#### *Reabilitação e Próteses*

Novas perspetivas poderão abrir-se no tratamento da reabilitação motora para pessoas com paralisias demasiado extensas para as terapias tradicionais. Clanton, Laws e Matsuoka (Clanton, Laws, & Matsuoka, 2005) refletem esses esforços para modelar o movimento da mão e do braço de modo a integrar com um controlo neurológico, tal como Matsouka, Afshar e Oh (Matsuoka, Afshar, & Oh, 2006) que detalha o projeto de uma mão robótica controlada pelo cérebro.

Daly e Wolpaw (Daly & Wolpaw, 2008) definiram duas estratégias de para restabelecer movimento em pacientes paralisados, usando um interface cérebro-máquina: treinar o paciente para que este produza sinais motores cerebrais “normais”, ou treinar o paciente para que este controle um dispositivo que implementa movimento (J. Pfurtscheller et al., 2005).

Trabalho ainda preliminar, mas em curso, de Moore Jackson (Jackson, 2008) gira em torno de uma interface cérebro-computador para um robô de reabilitação – KINARM (BKIN Technologies). Neste caso, o indivíduo imbuído de uma interface cérebro-computador “treina” um sistema de reconhecimento de tarefas executadas com o braço, com uma

variedade de alvos num plano bidimensional. Quando o sistema completa o seu reconhecimento, o indivíduo move o robô, e consequentemente o seu braço, imaginando que alcança os alvos. De uma forma muito linear, a interface adapta os sinais cerebrais para conseguir mover o robot.

### ***O Registo da Atividade Cerebral***

Tal como já foi no Capítulo 1, a presente secção contextualizará a investigação no âmbito das tecnologias utilizadas, nomeadamente no que à utilização de EEG diz respeito. Já que eeste é o método de captação de actividade cerebral adotado pelos dispositivos de ICC de consumo. Serão então analisadas as tecnologias mais importantes e recorrentes âmbito da captação da actividade cerebral e o reflexo da aplicabilidade no paradigma das interfaces cérebro-computador.

#### *O Cérebro Humano*

O cérebro, órgão reconhecido como o centro do sistema nervoso, é habitualmente simplificado ao termo de unidade central de processamento, uma analogia usada pela sociedade da informação. Ao invés disso, este é um complexo de subsistemas, onde cada um desses subsistemas é especializado numa determinada tarefa, ou tarefas, que trabalhando em conjunto com o resto do sistema nervoso, envia e recebe mensagens, permitindo uma comunicação contínua.

O cérebro pode ser dividido em duas grandes áreas: o córtex cerebral e as regiões subcorticais. A primeira está intrinsecamente associada a áreas de controlo de funções básicas, ou vitais: respiração, batimentos cardíacos, regulação da temperatura. E respostas emocionais e instintos básicos como o medo, os reflexos, a aprendizagem e a memória. Por outro lado, a segunda área, o córtex cerebral, representa a maior parte do cérebro e é também a mais complexa. Esta região é responsável pela maioria do processamento motor e sensorial, assim como de funções de “alto nível” como a razão, processamento da linguagem, ou reconhecimento de padrões. No entanto, a função do córtex cerebral pode ser compreendido quando dividido em quatro diferentes zonas:

- **Lobo frontal:** responsável por iniciar e coordenar os movimentos motores, assim outras capacidades cognitivas como a solução de problemas, planeamento e organização, e ainda aspetos da própria estrutura da personalidade e das emoções;
- **Lobo parietal:** área envolvida em processos sensoriais, atenção e linguagem;
- **Lobo occipital:** ajuda a processar informações visuais, onde se inclui o reconhecimento de formas e cores;
- **Lobo temporal:** ligada ao processo de informação auditiva, mas congrega também informações provenientes de outros sentidos.

Segundo Tan e Nijholt (Tan & Nijholt, 2010), o córtex cerebral é a área sobre a qual os investigadores mais se focam para o desenvolvimento de interfaces cérebro-computador. No entanto, até a dupla de autores afirma que o nosso atual entendimento sobre a estrutura do cérebro humano, e o seu funcionamento, é ainda muito vago e que esta topografia não determina, de forma assertiva, a associação de uma área a uma função. De facto, algumas áreas processam múltiplas funções, e muitas funções são processadas por mais do que uma área.

*Métodos de Registo*

Independentemente de cada função, as diversas partes do cérebro são constituídas por milhares de milhões de células nervosas, chamadas neurónios. Cada neurónio comunica com centenas de outros neurónios através de trocas de sinais eléctricos ou substâncias químicas – neurotransmissores –, como uma densa rede, a fim de regular os processos físicos e o pensamento. Esta comunicação requisita mais oxigénio e glucose, e causa um aumento do fluxo do sanguíneo para ativar as regiões pretendidas. Por outras palavras, este funcionamento resulta em atividade cerebral.

Esta descrição do funcionamento dos neurónios só foi possível com o advento de tecnologias que permitissem detetar as alterações elétricas, químicas, e de fluxo sanguíneo que o cérebro produz como resposta a vários estímulos ou ao processamento de informação.

Contudo, Tan e Nijholt (Tan & Nijholt, 2010) deixam bem claro:

*“Again, we should emphasize that with our current understanding, brain imaging allows us only to sense general cognitive processes and not the full semantics of our thoughts. Brain imaging is, in general, not mind reading. For example, although we can probably tell if a user is processing language, we cannot easily determine the semantics of the content.”* (Tan & Nijholt, 2010)

**As Tecnologias de Captação**

De uma maneira geral, existem duas grandes classes de técnicas de medição da atividade cerebral: as técnicas de índole invasivas, onde os sensores ou eléctrodos são implantados diretamente no – ou sobre – o cérebro, e as técnicas não-invasivas, anteriormente referidas pelo facto de utilizar sensores habitualmente colocados no escalpe.

Do ponto de vista da fiabilidade do sinal, a via invasiva é, sem dúvida, o método mais apropriado, no entanto, esta alternativa só possível com recurso a cirurgias cerebrais arriscadas. Para além disso, depois dos eléctrodos serem adaptados não podem ser movidos para medir outras regiões do cérebro, o que restringe severamente o uso desta técnica para fins experimentais.

Em investigação de interfaces cérebro-computador, podem ser encontrados dois métodos invasivos de medição da atividade cerebral: a eletrocorticografia, na qual os eléctrodos são instalados na superfície do córtex, externo à dura-máter<sup>8</sup> (eletrocorticografia epidural) ou sob a dura-máter (eletrocorticografia subdural), e o registo neuro-intracortical, caracterizada pela colocação dos eléctrodos dentro do córtex. A longo prazo, várias questões terão que ser resolvidas, para que estas técnicas se tornem adequadas para uma aplicação mais vulgar, como por exemplo, as propostas para a criação e implementação de microeléctrodos capazes de promover o crescimento neuronal, a fim de melhorar a biocompatibilidade com a região onde é implementado (Kennedy, Bakay, Moore, Adams, & Goldwaithe, 2000).

É por isso que a via não-invasiva é vista como mais comercializável e segura, pois não necessita de cirurgias para introdução de eléctrodos no crânio, ou qualquer outro tipo de intervenções. Mas existem desvantagens. Os sinais são obtidos por uma largura de banda

---

<sup>8</sup> A dura-máter envolve o cérebro e a medula espinhal e é responsável por manter o líquido cefalorraquidiano. Encontra-se logo depois da camada óssea do crânio.



muito mais limitada, ficando expostos a artefactos de naturezas diversas, o que restringe severamente o desenho de interfaces cérebro-computador, referido por Lotte *et al.* No entanto, esta é a via mais utilizada pela maioria dos dispositivos de interação cérebro-computador, pois trata-se de uma tecnologia bastante mais acessível e portátil que oferece sistemas mais facilmente adaptáveis aos utilizadores.

Assim, o presente documento apenas incidirá sobre as técnicas não-invasivas de medição da atividade cerebral, dos quais são destacados: a ressonância magnética funcional (fMRI – Functional Magnetic Resonance Imaging), a magnetoencefalografia (MEG) ou a eletroencefalografia (EEG), sendo estas as técnicas utilizadas pelos atuais dispositivos disponíveis no mercado de consumo.

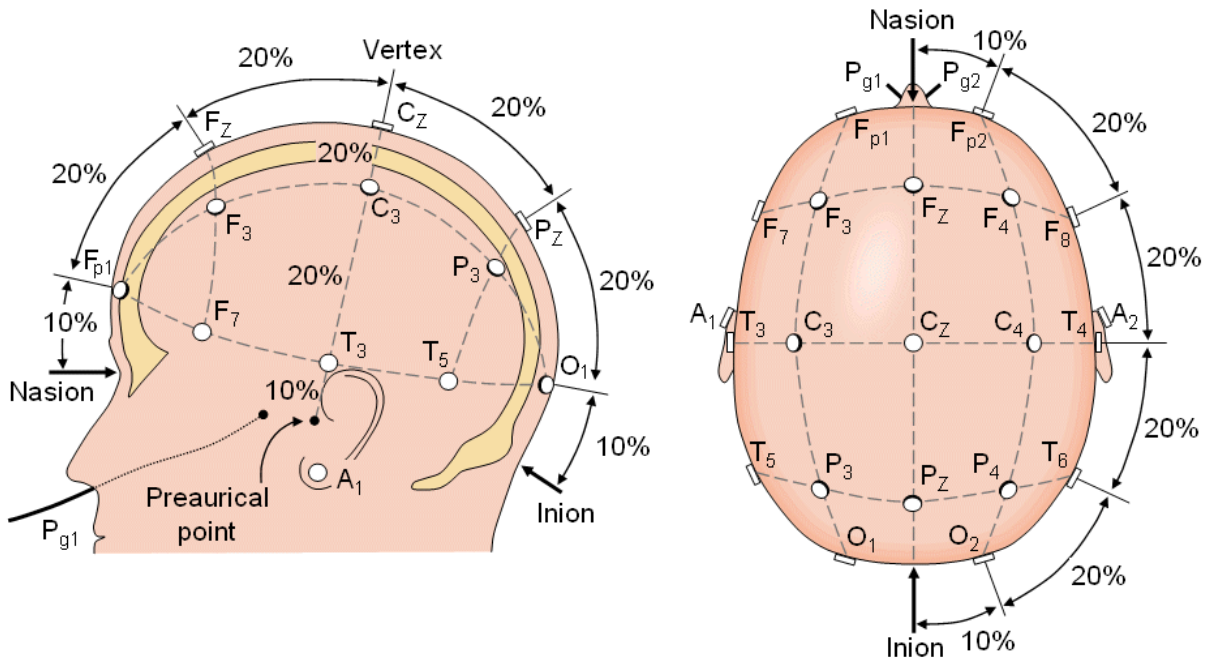
Serão, então, descritas com mais detalhe estas três técnicas, mas com maior incidência sobre a electroencefalografia, pois este é a técnica implementada nos dispositivos e no projeto desenvolvido no âmbito desta investigação.

### Eletroencefalografia

Dos métodos enumerados, a eletroencefalografia é a mais utilizada para aquisição de sinal em interfaces cérebro-computador. A EEG mede a atividade elétrica do cérebro provocada pelo fluxo da corrente elétrica resultante de excitações sinápticas das dendrites dos neurónios e é extremamente sensível aos efeitos das correntes secundárias (Baillet, Mosher, & Leahy, 2001). O registo eletroencefalográfico consiste em eléctrodos, amplificadores, conversores A/D e um dispositivo de gravação. Os eléctrodos adquirem o sinal a partir do escalpe, sendo apenas detetados os sinais provenientes da ativação simultânea de um grande número de células, os amplificadores processam o sinal analógico para aumentar a amplitude dos sinais EEG que o conversor de sinal pode digitalizar de forma mais precisa. Finalmente, o dispositivo de gravação, que pode ser um computador ou algo similar, guarda e mostra a informação.

O sinal de EEG é medido como a diferença de potencial ao longo do tempo entre o sinal, ou eléctrodo ativo, e o eléctrodo de referência. A posição dos eléctrodos é especificada pelo sistema internacional 10-20, que foi normalizado pela American Electroencephalographic Society (Jasper, H. H., 1958) e ficam localizadas especificamente de acordo com as regiões cerebrais subjacentes. Com o nome do sistema a referir-se às distâncias entre eléctrodos, ou seja 10 ou 20% dos diâmetros frontal e lateral do crânio. Assim, independentemente do desenvolvimento craniano, a posição dos eléctrodos mantém-se suficientemente consistente entre indivíduos.

A configuração mínima para medição electroencefalográfica consiste em três eléctrodos: um ativo, um de referência e outro de terra. No entanto, o número de eléctrodos pode ascender aos 128 ou 256 ativos no total, para configurações multi-canal, e atribuindo-se os números pares aos eléctrodos situados no hemisfério direito e ímpares aos restantes situados no hemisfério oposto. A letra que antecede a numeração está relacionada com a denominação da região onde o eléctrodo será aplicado.



**Ilustração 3 – Sistema Internacional 10-20**

É utilizado um gel, responsável pelo percurso condutor entre a pele e cada um dos elétrodos, que reduz a impedância. Existem, no entanto, elétrodos que não necessitam do uso de gel, pois recorrem a materiais como o titânio ou o aço inoxidável (Fonseca et al., 2007). Este tipo de elétrodos podem ser ativos ativos secos, que têm circuitos de pré-amplificação para lidar com altas impedâncias na pele ou no próprio elétrodo (Fonseca et al., 2007; Taheri, Knight, & Smith, 1994), ou elétrodos passivos secos, os quais não têm circuitos ativos, mas estão ligados ao sistema de gravação eletroencefalográfica com uma alta impedância no seu *input* (Gargiulo et al., 2010).

Contudo, e segundo Anderson, Devulapalli e Stolz (Anderson, Devulapalli, & Stolz, 1995), convém reforçar as várias desvantagens que este método de medição apresenta. A detecção de padrões a partir de um eletroencefalograma é uma tarefa complexa, pois exige sofisticados algoritmos de detecção e limpeza de ruído nos sinais, provenientes de interferências elétricas ou deslocamento dos próprios elétrodos. Piscares de olhos e outras atividades musculares podem também corromper estes sinais.

### Magnetoencefalografia

Magnetoencefalografia (MEG) é uma técnica não-invasiva de registo da atividade cerebral, através do campo magnético produzido pelas correntes elétricas. A MEG mede as correntes intracelulares que fluem através das dendrites, responsáveis pelos campos magnéticos que são mensuráveis no exterior da cabeça (Waldert et al., 2009). Apesar do processo neurofisiológico que produz sinais captados pela MEG serem idênticos àqueles que são produzidos pelos sinais EEG, este último é extremamente sensível a fontes de corrente secundárias (Baillet et al., 2001).

Os campos magnéticos, ao contrário dos campos elétricos, são menos distorcidos pelo crânio e escalpe tornando-se a grande vantagem da magnetoencefalografia (Babiloni et al., 2009). Estes são detetados por magnetómetros altamente sensíveis a distúrbios magnéticos causados pela atividade neuronal. O equipamento eletrónico, responsável por medir a atividade

magnética cerebral, é arrefecido até aos -273 graus Celsius para facilitar a supercondutividade, e deve ser instalado num local protegido contra interferências magnéticas externas.

A MEG fornece sinais com uma resolução espaço-tempo maior do que a eletroencefalografia, o que torna o sinal mais fiável para trabalhar (Mellinger, Schalk, Braun, & Preissl, 2007). Mas apesar de todas estas vantagens, este método não é habitualmente usado em interfaces cérebro-computador devido ao facto de ser demasiado volumoso e caro. Porém, Lal, Schröder e Smith (Lal, Schröder, & Hill, 2005) apresentaram a primeira interface cérebro-computador *online* baseada neste método, e outros projetos, ainda em fases iniciais, se seguirem, nomeadamente a comparação de interfaces cérebro-computador usando MEG e EEG (Kauhanen & Nykopp, 2006; Sabra & Wahed, 2011).

### Ressonância Magnética Funcional

A Ressonância Magnética Funcional (RMF) deteta alterações de volume sanguíneo cerebral local, o fluxo sanguíneo cerebral e os níveis de oxigenação durante a ativação neuronal por meio de campos eletromagnéticos.

A grande vantagem deste método, reside na grande resolução espacial que apresenta, tendo já sido utilizado para localizar regiões ativas dentro do cérebro (deCharms et al., 2004). Em contrapartida, a sua baixa resolução temporal, entre 1 ou 2 segundos, a resposta hemodinâmica, que por si só introduz um atraso entre os 3 e os 6 segundos (Weiskopf et al., 2004), e o facto de ser altamente susceptível a artefactos causados pelos movimentos da cabeça, torna esta opção pouco indicada para interfaces cérebro-computador que exijam fluxos rápidos de comunicação.

Contudo, e no que diz respeito ao desenho de sistemas baseados em interfaces cérebro-computador, a RMF é tipicamente usada para medir o nível dependente de oxigénio no sangue (BOLD – *Blood Oxygen Level Dependent*) durante a actividade neuronal (J. Lee, Ryu, Jolesz, Cho, & Yoo, 2009), apesar de não existir uma correspondência direta entre as duas (Logothetis et al., 2001). O uso da RMF é bastante recente nesta área, pois apenas com o advento da captação de sinal em tempo real veio, de facto, a verificar-se uma vantagem na sua aplicação (deCharms, 2008; Moench *et al.*, 2008). Contudo, e tal com a magnetoencefalografia, o equipamento utilizado neste tipo de medição é bastante caro e volumoso, refletindo-se nas inexistentes aplicações não-clínicas deste método.

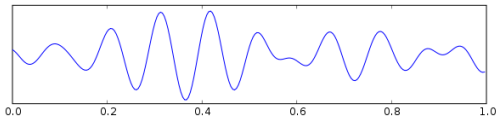
### Padrões de Atividade Cerebral

Referindo a descoberta de Hans Berger, diferentes frequências elétricas podem ser associadas a ações e diferentes estados de consciência. Esta conclusão foi possível através da observação de indivíduos a desempenhar diferentes tarefas, como problemas matemáticos, enquanto a sua actividade cerebral era gravada por electroencefalografia. Assim, não só foi possível identificar as diversas frequências de onda, como também a sua relação com a actividade cerebral.

Todavia, e no que se refere ao desenho de interfaces cérebro-computador, existem várias propriedades de sinal EEG que conseguem discriminar diversas funções cerebrais, e assim ser utilizados como mecanismos de *input* para comunicação.

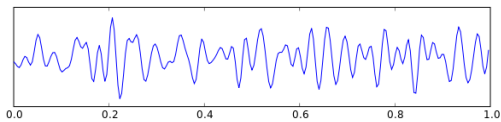
Dos grupos de propriedades, destaca-se a Atividade Cerebral Rítmica. A frequência de onda é um dos critérios mais importantes para avaliar a anormalidade, no eletroencefalograma

clínico, e para a compreensão do comportamento, em pesquisa cognitiva. Os potenciais registos eletroencefalográficos, com milhares de milhões de comunidades de neurónios como fonte, manifestam-se como oscilações aperiódicas imprevisíveis com rajadas intermitentes de oscilações com picos espectrais em certas faixas observadas. Estas oscilações definem a frequência e a amplitude da onda, ao longo do tempo, e permitem, mediante estímulos externos, definir padrões de onda identificados da seguinte forma:



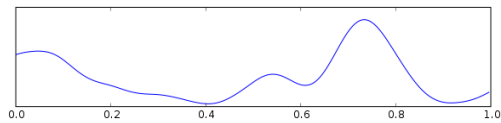
**Ilustração 4 – Representação gráfica da onda Alpha**

Ondas **Alpha**, com frequência de onda entre os 7.5 e os 12Hz, são mais lentas e habitualmente associadas ao relaxamento. É também uma onda que se manifesta com os olhos fechados. Mais profunda na parte trás do crânio e no lobo frontal.



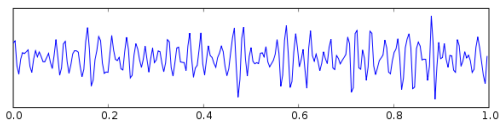
**Ilustração 5 – Representação gráfica da onda Beta**

Ondas **Beta** são mais pequenas e rápidas, normalmente associadas à concentração e com melhor definição nas zonas central e frontal. Resistência ou supressão de movimentos, resolver problemas matemáticos são casos que aumentam consideravelmente a 30 caracteriz beta no cérebro (Zhang, Chen, Bressler, & Ding, 2009).



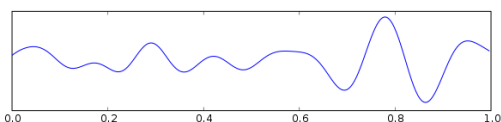
**Ilustração 6 – Representação gráfica da onda Delta**

Ondas **Delta** 30 caracterizam-se pela sua baixa frequência, e ocorrem durante o sono (Hammond, 2006) .



**Ilustração 7 – Representação gráfica da onda Gamma**

Ondas **Gamma** 30 caracterizam-se pelas suas altas frequências, o que resulta em ondas bastante rápidas. A conjugação de ondas Gamma e Beta encontra-se associado à atenção, percepção e cognição (Rangaswamy et al., 2002).



**Ilustração 8 – Representação gráfica da onda Theta**

Ondas **Theta** estão normalmente ligadas à ineficiência, sonhar acordado, e as ondas mais baixas representam a linha ténue entre a vigília e o sono. Stress emocional, especialmente frustração ou desapontamento estão muito ligadas ao aumento de ondas Theta (L. Zhang, He, Miao, & Yang, 2005).

O estudo das ondas cerebrais e qual sua relação com os diferentes estados mentais levou a uma série de métodos alternativos e crenças sobre a ligação entre estímulos essas ondas. Potenciais Evocados (ERP – Event-Related Potencial) nome frequentemente atribuído a possíveis mudanças no registo encefalográfico, ocorrem em resposta a um “evento” particular ou estímulo. Em termos técnicos, significa que há um pico de amplitude observável (potencial) que ocorre a um tempo de latência definido, após um determinado estímulo.

Destes picos de amplitude o mais usado é o P300. Esta denominação provém do facto do pico ser observável 300ms após o evento. O fenómeno é usado para mapear estímulos externos na atividade cerebral, em determinadas regiões, tendo sido já possível demonstrar que potenciais evocados, do tipo P300, podem ser usados para seleccionar itens, desenhar num monitor de um computador, e poderão inclusive conseguir facultar um novo canal de comunicação para pacientes que sofram de graves problemas musculares ou neurológicos (Donchin, Spencer, & Wijesinghe, 2000; Farwell & Donchin, 1988).

Cada padrão de onda cerebral é único. Em alguns casos, é possível distinguir uma pessoa de acordo com as características da sua atividade cerebral, *e.g.* a localização do pico da onda alfa.

### **Os Dispositivos**

Na presente secção serão apresentados os dispositivos de índole comercial, se encontram disponíveis no mercado. Todavia, o foco irá para o dispositivo da empresa Neurosky, pois estes foi o equipamento utilizado para o desenvolvimento das provas de conceito, apresentadas com detalhe na Secção 3.3, já que as suas características vão ao encontro dos requisitos para o projeto desenvolvido no Capítulo 3: a medição da atenção e meditação a partir da atividade cerebral.

*Neurosky Mindset/Mindwave*



**Ilustração 9 - Dispositivo Mindset**

O Mindset, da empresa norte-americana Neurosky<sup>9</sup>, acompanha o Epoc, discutido na secção seguinte, na lista dos dispositivos pioneiros na utilização, para uso pessoal, do registo eletroencefalográfico, usado no paradigma de interação cérebro-computador. No entanto, o Mindset é um dispositivo mais simples. O aparelho apresenta apenas um eléctrodo para registo de EEG e outro para obter sinais de referência, o que torna a seu preço mais acessível. Tal como o Epoc, este dispositivo caracteriza-se pelo seu método de captação de sinal não-invasivo, com o eléctrodo de leitura EEG a posicionar-se no centro da testa, e a referência ajustada no lóbulo da orelha esquerda. O posicionamento do eléctrodo no centro da testa evita perturbações causadas pelo cabelo, no registo EEG, para além de que este não necessita de ser humedecido para ser utilizado. Por outro lado, o eléctrodo de referência é capaz de remover artefactos do registo eletroencefalográfico, normalmente sinais originários de movimentos

---

<sup>9</sup> <http://neurosky.com/>

musculares. Contudo, o contacto deste eléctrodo com lóbulo torna, muitas vezes, difícil a sua captação. O dispositivo, em forma de auscultadores de som, dificulta a sua correta utilização e captação do registo EEG, o que levou a Neurosky a lançar uma segunda versão do equipamento, chamada Mindwave. Esta versão apresenta as mesmas características do modelo anterior – o Mindset – mas o eléctrodo de referência é agora posicionado mais corretamente, através de um sistema em mola que permite manter o eléctrodo em contacto com o lóbulo da orelha. Este aparelho traduz a sua captação da atividade cerebral em dois estados cognitivos: atenção e relaxamento. Com o eléctrodo de referência a permitir ainda a deteção de piscares de olhos.



**Ilustração 10 - Dispositivo Mindwave**

Tal como o seu concorrente Epoc, o aparelho da Neurosky apresenta uma configuração sem fios apoiada numa bateria que confirma autonomia de 8 horas, com a ligação ao computador a ficar a cargo de um *dongle Bluetooth USB* que acompanha o equipamento. Das aplicações que acompanham o Mindset/Mindwave destaque ainda o *Visualizer* que permite a visualização da atividade cerebral rítmica, em tempo real.

Ao nível da investigação convém salientar um estudo, realizado com 14 sujeitos, que permitiu diferenciar entre um estado neutro e um estado de concentração elevado, em 86% dos testes realizados (2009). Aliás, Ekandem, Davis, Alvarez, James e Gilbert (Ekandem, Davis, Alvarez, James, & Gilbert, 2012) afirmam que tanto este aparelho como o Epoc são opções válidas para investigação em interfaces cérebro-máquina, apesar do conforto dos sujeitos utilizados, o tempo de preparação do dispositivo e fiabilidade do sinal de ambos os equipamentos. Noutras áreas de investigação, o dispositivo da Neurosky tem sido usado como substituto do rato de computador recorrendo a expressões faciais (Dernoncourt, 2012), controlar dispositivos móveis, tal como *smartphones* (KR, Kumar, & Thakur, 2013), na aplicação de interfaces adaptativas, monitorizando a atenção dos utilizadores (Szafir & Mutlu, 2012), e no desenvolvimento de jogos educacionais (Yildirim & Varol, 2013).

#### **A Tecnologia Neurosky ThinkGear™**

A compatibilidade que se registou no momento de testar o algoritmo desenvolvido para o anterior modelo Mindset, já havia sido planeada. Segundo o manual de utilizador do Mindwave (Neurosky, 2011), todos os seus equipamentos, direcionados para leitura da atividade cerebral, apresentam a mesma tecnologia, denominada *NeuroSky ThinkGear™*,

medindo os sinais eléctricos analógicos e processando-os para sinais digitais, o que os torna, posteriormente, disponíveis para o mais variado tipo de aplicações.

No seu núcleo, um algoritmo pelo qual a Neurosky é proprietária, o eSense, caracteriza os diferentes estados mentais, a partir dos sinais recebidos. Para cada estado mental (atenção e meditação) existe um eSense associado, com o seu valor a ser definido numa escala relativa de 1 a 100. Nesta escala, um valor entre 40 e 60 em qualquer momento no tempo é considerado “neutro” e é similar ao conceito de “baselines”, que são estabelecidas nas técnicas de medição de ondas cerebrais convencionais. Embora, a Neurosky informe que o método que utiliza para determinar estas “*baselines*” é proprietário da sua tecnologia *ThinkGear*<sup>TM</sup> e podem diferir das ondas cerebrais convencionais. Para que um valor seja considerado “ligeiramente elevado”, e interpretado como um valor que tende a ser mais alto do que o habitual (níveis de atenção e meditação que podem ser maiores do que o normal para uma determinada pessoa) tem que se situar entre os 60 e os 80. Valores acima deste registo, e até 100, são um forte indicativo de níveis bastante elevados nesse eSense.

Do lado oposto, na outra ponta da escala, valores entre os 20 e os 40 indicam níveis “reduzidos”, na interpretação do algoritmo, e “extremamente reduzidos”, se os valores apresentados variarem entre o 1 e o 20. Estes níveis, segundo a Neurosky (Neurosky, 2011), poderão indicar estados de distração, agitação ou anormalia, de acordo com o inverso de cada eSense.

No caso do algoritmo (eSense) de mediação da atenção, a Neurosky (Neurosky, 2011) refere que este indica a intensidade do nível de atenção de um utilizador, que normalmente ocorre durante uma intensa concentração e uma atividade mental direccionada (mas estável). No sentido inverso, distrações, pensamentos errantes, falta de foco ou ansiedade podem diminuir esses valores.

Na caracterização do algoritmo (eSense) de meditação (relaxamento), idêntico ao seu homónimo na representação dos valores obtidos numa escala entre 0 e 100, os níveis captados resultam do estado mental, e não físico, do utilizador. Pois o completo relaxamento muscular poderá não refletir imediatamente um elevado estado de meditação. Contudo, e segundo a Neurosky (Neurosky, 2011), para a maioria das pessoas o relaxamento muscular poderá ajudar a relaxar a mente também, já que a meditação está relacionada com a redução dos processos mentais ativos no cérebro. Sendo passível de observação o efeito que fechar os olhos pode causar na redução da atividade mental que processa as imagens. Assim, fechar os olhos é um método frequentemente eficaz para aumento dos níveis de meditação. No entanto as situações que provocam a diminuição destes valores são as mesmas do algoritmo responsável pela medição da atenção.

Segundo a empresa norte-americana (Neurosky, 2011) a razão dos poucos e largos intervalos que existem em algumas partes do eSense, seja para o cálculo da atenção ou meditação, prende-se com o comportamento do algoritmo que tende a aprender e ajustar às flutuações naturais, intrínsecas em cada utilizador, e assim representar e compensar o facto de que as ondas cerebrais estão sujeitas a intervalos normais de variação e flutuação. Esta é, aliás, parte da razão pela qual os sensores *ThinkGear*<sup>TM</sup> estão aptos para serem utilizados por um largo espectro de utilizadores sob uma ampla variedade de condições pessoais e ambientais, garantindo resultados precisos e fiáveis.

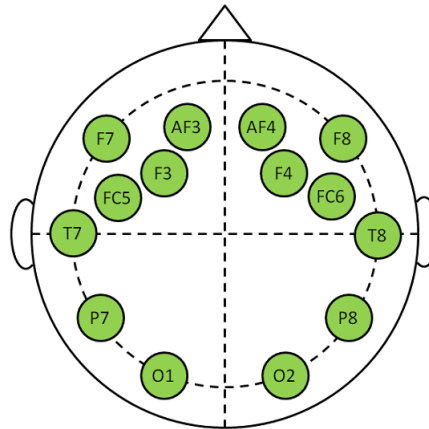


*Emotiv Epoc*



**Ilustração 11 - Dispositivo Emotiv Epoc**

Apresentado ainda em 2007, pela empresa australiana Emotiv<sup>10</sup>, o Epoc está disponível comercialmente desde 2009, e é apresentado como um eletroencefalógrafo portátil. É dos primeiros produtos de índole comercial a ser lançado, sendo ainda hoje o mais completo, apesar de ter também o preço mais elevado quando comparado com os seus congêneres. É constituído por 14 elétrodos, dispostos segundo o sistema internacional 10-20 (Ilustração 9), e com uma taxa de amostragem de 2048 Hz. No entanto, e após a filtragem de artefactos, os dados são enviados para processamento a uma frequência de amostragem idêntica às alternativas concorrentes: 128 Hz.



**Ilustração 12 - Disposição dos elétrodos do Epoc quando colocado na cabeça**

Contudo, o Epoc é um aparelho de índole comercial. Ou seja, quando comparado com dispositivos hospitalares ou de investigação médica, as suas características ficam bastante abaixo dos valores de referência. Em média, um dispositivo EEG hospitalar apresenta 91 elétrodos, com os dispositivos da área de investigação a quadruplicar estes valores; no mesmo sentido, a taxa de aquisição de sinais pode mesmo atingir os 1000 Hz (Adelson & Schapire, 2011). Estas desvantagens refletem-se principalmente na deteção de ondas EEG para fins

<sup>10</sup> <http://emotiv.com/>



clínicos, pois devido à sua configuração o Epoc é mais susceptível à detecção de artefactos do que um aparelho hospitalar ou de investigação clínica<sup>11</sup>.

Apesar dos eléctrodos que constituem o Epoc, ao contrário dos dispositivos hospitalares e de investigação médica, não necessitam de um gel condutor, estes necessitam de ser humedecidos antes de cada utilização. Característica que poderá ser vista como uma desvantagem face a dispositivos concorrentes, já que estes recorrem a eléctrodos secos, mas por outro lado, não oferecem uma condutividade da atividade elétrica tão interessante quanto o Epoc. Este apresenta ainda um giroscópio de dois eixos que permite detetar movimentos de rotação da cabeça, uma grande ajuda sempre que for necessário eliminar do registo eletroencefalográfico o ruído proveniente desta tipologia de ações motoras.

Outro aspeto a salientar, que é já norma neste género de dispositivos, fundamentalmente de índole comercial, é o funcionamento sem fios, que permite um elevado grau de liberdade na sua utilização. Liberdade que é aumentada pela bateria que permite uma autonomia de até 12 horas de utilização, tornando o Epoc um dispositivo bastante portátil e autónomo. A sua ligação e comunicação com um computador são garantidas por um *dongle Bluetooth USB*, com os dados recolhidos pelo *headset* a serem enviados por um canal encriptado que a aplicação *EmoEngine*, fornecida com o equipamento, descodifica e processa posteriormente.

O potencial do Epoc levou a que alguns investigadores continuassem a sua investigação adotando-o, recorrendo às suas capacidades de registo EEG aliado aos seus próprios algoritmos de processamento de sinal, como por exemplo para detecção e utilização de sinais tipo P300 (Rosas-Cholula, Ramirez-Cortes, Alarcon-Aquino, Martinez-Carballido, & Gomez-Gil, 2010). Outros investigam diferentes algoritmos de processamento EEG de forma a alcançar um *input* direto do cérebro, como a classificação de formas que estão a ser pensadas em tempo-real (Esfahani & Sundararajan, 2012), avaliação da carga de trabalho cognitivo (Knoll et al., 2011). Em conjunto com algumas ferramentas que o acompanham, como é o caso do Affective, a aplicação do Epoc no âmbito da investigação levou Gonzalez-Sanchez e os seus colaboradores (Gonzalez-Sanchez et al., 2011) a usarem esta aplicação para detecção da frustração de durante um videojogo, entre outros (Bernays et al., 2010; Gonzalez-Sanchez et al., 2011), bem como para avaliação da usabilidade de sistemas usando um sistema cognitivo (Pike & Wilson, 2012).

#### *Outras Referências*

Existem ainda outros dispositivos que se enquadram neste paradigma de captação da atividade cerebral elétrica, a partir de eletroencefalografia. No entanto, estes não mereceram tanto destaque devido a questões relacionadas com o seu posicionamento perante o paradigma de interfaces cérebro-máquina, ou pelo facto de ser um dispositivo em vias de ser lançado oficialmente, mas que ainda não chegou ao utilizador final.

Em 2009, o fabricante americano Ambient<sup>12</sup>, desenvolveu um dispositivo com a finalidade de transformar sinais cerebrais relacionados com a fala em palavras escritas num computador, sem que haja necessidade de qualquer movimento. Estes sinais cerebrais são emitidos quando um indivíduo exprime a intenção de falar, não sendo necessário existir a vocalização dessa fala, registando-se apenas o pensamento associado. O Audeo, nome dado ao dispositivo da

<sup>11</sup> <http://www.slideshare.net/iMALOrg/detecting-biosignals-with-the-emotiv-epoc-headset-a-review>

<sup>12</sup> <http://www.theaudeo.com/>

Ambient, regista a atividade nervosa no pescoço, região onde são captados os sinais que o cérebro envia às cordas vocais, através de um sensor sem fios, que apresenta uma autonomia a rondar as 8 horas de utilização.

Em 2013, a Interaxon, uma empresa norte-americana anuncia o Muse. Este aparelho, ainda sem data de lançamento prevista, apresentará um perfil idêntico aos dispositivos da Emotiv e Neurosky, com 7 eletródos (5 na testa e 2 atrás das orelhas), 1 acelerómetro de 3 eixos, ligação por Bluetooth e uma autonomia a rondar as 5 horas de utilização. Os elétrodos seguem o posicionamento da norma 10-20 e, tal como Mindset/Mindwave, para além do registo eletroencefalográfico o dispositivo detetará o processamento cognitivo da atenção e relaxamento através das ondas alfa e beta. Para além disso, e tal como os seus potenciais concorrentes, a acompanhar o aparelho seguirá um SDK<sup>13</sup> (*Software Deveolpment Kit*) que permitirá o desenvolvimento de aplicações em diversas linguagens de programação e plataformas de desenvolvimento.

### 2.3 Interfaces Adaptativas

Segundo Rothrock, Koubek, Fuchs, Hass e Salvendy (Rothrock, Koubek, Fuchs, Haas, & Salvendy, 2002), interfaces adaptativas são definidas como sistemas que adaptam o seu modo de visualização e ações, ou comandos disponíveis, aos objetivos e capacidades do utilizador, monitorizando o seu estado atual, o do sistema e o do contexto. Para diversos autores (Browne et al., 1990; Edmonds, 1993; Hook, 1998, 1999; Trumbly *et al.*, 1994), o recurso a interfaces adaptativas permite melhorar a interação com o sistema potenciando a performance do utilizador, minimizando a necessidade de recorrer a ajuda, facilitando o uso do sistema, ajudando utilizadores a lidar com sistemas complexos e evitar problemas de sobrecarga cognitiva. Contudo, todos estes benefícios correm o risco de desaparecer se esta tipologia de interface violar os princípios da usabilidade. Por exemplo, para Lavie e Mayer (Lavie & Meyer, 2010) as interfaces adaptativas são inerentemente inconsistentes ao longo do tempo, já que a sua interface ou funcionalidade pode mudar. Outros autores, como Jameson (2003), Hook (1999), Keeble e Macredie (2000), Kuhame (1993) ou Shneiderman (1997) já identificavam possíveis problemas de usabilidade que poderiam surgir da adaptabilidade dos sistemas.

No entanto, e apesar dos progressos nesta área, Lavie e Mayer (2010) referem o facto de ainda não existir uma metodologia que determine onde e quando a adaptabilidade deve ser implementada. Para os autores, essa decisão deve basear-se na compreensão das condições em que os benefícios dessa adaptabilidade superam eventuais custos. Por outras palavras, as circunstâncias onde o sistema e o utilizador se encontram, o seu contexto de uso, entre outros factores, são fundamentais para uma correta análise da adaptação da interface, caso contrário, facilmente são atingidos os potenciais problemas de usabilidade, anteriormente referidos. Seguindo este pensamento, escassos foram os estudos que tentaram mapear as condições sobre as quais a adaptabilidade pode ser benéfica, ao contrário das condições em que esta vai provocar um efeito adverso. Lavie e Mayer (2010) dão inclusive o exemplo de Findlater e Mcgrenere (2008). Os autores mostram que as interfaces adaptativas são mais eficazes quando ecrã é restritivo, e que as condições de precisão são mais eficazes em ecrãs mais pequenos, em comparação com ecrãs de computador tradicionais. Outro exemplo é o de Tsandilas e Schraefel (2005), onde é examinado o impacto da precisão de duas técnicas de adaptação

---

<sup>13</sup> Conjunto de aplicações de desenvolvimento de software

(itens de menu destacados vs. Redução do tamanho da fonte pra itens não sugeridos) aplicado a listas de seleções contextuais. Deste estudo, os autores concluíram que a eficácia das diferentes técnicas de adaptação varia de acordo com a precisão do mecanismo de predição.

Também houve quem especificasse quais os aspetos determinantes para uma interface adaptativa eficaz. Gajos et al. (2006) descobriram que a precisão da preceção de interfaces adaptativas tem um impacto significativo na performance do utilizador. Baseados em estudos anteriores, os autores reivindicam também que a frequência de adaptação influencia de forma relevante o valor relativo que os utilizadores atribuem aos diferentes custos e benefícios de uma adaptação. Porém, nem todas as formas de adaptação têm a mesma validade, neste âmbito. Sears e Schneiderman (1994) destacam que a adaptação que ocorre em ritmo mais lento fornece maiores benefícios, quando comparada com a linha de base não adaptativa, do que aquela que ocorre a um ritmo mais acelerado, tendo mostrado resultados pouco satisfatórios da performance do utilizador. Mas não só. Para além da precisão, estudos mais recentes de Gajos et al. (2008) mostram que a previsibilidade das interfaces adaptativas aumenta a satisfação do utilizador.

### **Fatores Envolvidos**

Os autores Lavie e Mayer (2010), na sequência dos aspectos desenvolvidos na presente secção, sugerem 4 fatores chave que determinam a importância da aplicação da adaptabilidade num sistema:

- **A tarefa:** as tarefas podem variar em diversos aspetos, incluindo as suas características mais particulares. Algumas podem exigir esforço motor ao utilizador, outras poderão necessitar de habilidades cognitivas por parte deste. Uma interface adaptativa, por exemplo, é mais indicada para tarefas mais difíceis de realizar;
- **O utilizador:** os utilizadores variam num largo espectro de variáveis, sejam elas demográficas, educacionais, de personalidade, cognitivas, e preferências. As suas motivações, objetivos e humor também podem variar. Diferentes utilizadores podem interpretar nomes de comandos e ícones de maneiras diferentes (Benyon and Murray, 1993). Assim, diferentes utilizadores poderão beneficiar de diferentes maneiras de uma interface adaptativa;
- **Rotinas vs. não-rotinas:** interfaces adaptativas monitorizam o comportamento do utilizador ao longo do tempo, e adaptam a interface ou o funcionamento do sistema para a frequência de tarefas que o utilizador realiza, oferecendo assim um bom suporte para tarefas repetitivas. Contudo, em determinados momentos, o utilizador poderá necessitar de realizar uma tarefa pouco frequente. Desta forma, Lavie e Mayer (2010) sugerem que se deverá diferenciar tarefas frequentes de outras não frequentes, no âmbito da análise a interfaces adaptativas;
- **Níveis de adaptabilidade:** para os autores os níveis de adaptabilidade estão relacionados com a questão de saber se o sistema controla apenas a adaptação ou se a adaptação é um processo de cooperação entre o utilizador e o sistema.

Vários investigadores examinaram a questão de alocar o controlo da interação entre o sistema e o utilizador, chegando mesmo a sugerir níveis de adaptabilidade (Dieterich et al., 1993; Kobsa et al., 2001; Khume, 1993). *Mixed-Initiative Interactions* é outro termo usado no

contexto do controlo da adaptação, no qual diversos investigadores tentam tornar os computadores mais colaborantes com os utilizadores (Curry, 1998). As interfaces adaptativas também já foram examinadas no contexto das *mixed-initiative interactions* por vários investigadores, como é o caso de Schiaffino e Amandi (2004), ou Bunt *et al.* (2004) que defendem que esta abordagem, sugerindo uma integração entre sistemas adaptáveis e adaptativos<sup>14</sup>. De acordo com a visão dos autores, o sistema apenas deve intervir e ajudar o utilizador quando este enfrenta problemas.

Resumindo, Lavie e Mayer (2010) acreditam que estes 4 fatores devem levados em conta na análise da aplicação da adaptabilidade a um sistema. Os autores acrescentam ainda:

*“Some factors may remain constant in particular systems, such as the task and user, while other factors, such as the situation, can change over time. Moreover, not just the value of adaptivity, but also the appropriate level of adaptivity may depend on the particular task, situation and user.”* (Lavie & Mayer, 2010)

## 2.4 Interfaces de Atenção

*“Attentive user interfaces are interfaces that optimize their communication with users, such that information processing resources of users and devices are dynamically allocated according to the users’ task priorities. This is achieved using measures and models of the users’ past, present and future attention for tasks.”* (Vertegaal, Shell, Chen, & Mamuji, 2006)

Pioneiros nesta tipologia de interfaces, Vertegaal et al. (2006) propuseram uma *framework* para interfaces de atenção, da qual se destacam 5 propriedades:

- **Sensing attention:** ao acompanhar a proximidade física do utilizador, orientação do corpo ou fixação ocular, as interfaces podem determinar qual o dispositivo, pessoa, ou tarefa que um utilizador está a dedicar mais atenção;
- **Reasoning about attention:** ao modelar estatisticamente o comportamento do utilizador, as interfaces podem estimar qual a sua tarefa prioritária;
- **Communication of attention:** as interfaces devem disponibilizar informações sobre a atenção dos seus utilizadores para outras pessoas ou dispositivos;
- **Gradual negotiation of turns:** como mudar o sentido ou a direção, as interfaces devem conseguir determinar a disponibilidade do utilizador para interrupções pela a) verificação da prioridade do seu pedido; b) sinalização progressiva desta sinalização por intermédio de um canal periférico; e c) obter a confirmação do usuário ao pedido antes de tornar essa tarefa uma prioridade;
- **Augmentation of focus:** o objectivo final de todas as interfaces de atenção é, tal como o nome indica, aumentar a atenção dos seus utilizadores. Análogas ao fenómeno “cocktail party”, no qual os utilizadores são capazes de focar a sua atenção num único orador durante uma conversa numa festa, as interfaces de atenção podem,

---

<sup>14</sup> A diferença reside no facto de que as interfaces adaptáveis, possibilitam que o utilizador altere a interface de forma a garantir um maior rendimento com o sistema. Por outro lado, as interfaces adaptativas, monitorizam e analisam dados do utilizador para adaptar a interface de forma automática e sem o contributo, muitas vezes consciente, do utilizador.

por exemplo, ampliar a informação atenção focada pelo utilizador, e atenuar o detalhe periférico.

Para melhor entender o conceito desta tipologia de interfaces, os autores descrevem um paralelismo entre as estas e o actual sistema de luzes de tráfego (semáforos). Estes sistemas de luzes usam sensores de presença, à superfície da estrada, para determinar a intenção de todos os veículos na interseção (*sensing attention*) e estão programados com modelos que determinam a prioridade do tráfego na interseção das vias com valores estatísticos, ou seja racionalizando a atenção (*reasoning about attention*). Usando dispositivos periféricos, como as luzes de sinalização, os sistemas comunicam a atenção coletiva dos condutores (*communication of attention*). Como tal, eles negociam a vez de cada condutor entrar na via permitindo um fluxo de trânsito contínuo (*gradual negotiation of turns*).

O paralelismo de Vertegaal et al. (2006) não é, todavia, tão imediato quando aplicado à medição da atenção entre humanos. Estudos demonstram que o contacto visual humano indica, com 82% de precisão, se uma pessoa é orador ou ouvinte, numa conversa entre 4 elementos (Vertegaal et al., 2001). Quando a pessoa que está a falar fica em silêncio, e olha para uma das pessoas que escuta isto é entendido como um convite para que essa pessoa faça uso da palavra. Vertegaal (1999) mostrou ainda que em conversas entre três pessoas, esta alteração de ordem cai para 25% se não existir contacto ocular. De acordo com outro estudo, 49% das razões que leva essa pessoa a tomar a palavra pode ser explicado pelo volume de contacto visual entre o orador e o interlocutor (Vertegaal & Ding, 2002). Resumindo, a fixação ocular indica, de forma sustentável, o alvo de atenção de pessoa, incluindo a atenção numa determinada conversa. Assim, o desenvolvimento de dispositivos que consigam medir a atenção do utilizador pode determinar se essa atenção é focada em si, ou em outros dispositivos ou pessoas.

### **Caraterísticas**

No seu artigo, publicado em 2002, Vertegaal define as interfaces de atenção sob outro ponto de vista:

*“An attentive interface is a user interface that dynamically prioritizes the information it presents to its users, such that information processing resources of both user and system are optimally distributed across a set of tasks. The interface does this on the basis of knowledge - consisting of a combination of measures and models - of the past, present and future state of the user's attention, taking into account the availability of system resources.”* (Vertegaal, 2002)

Dada esta definição, facilmente se percebe que esta tipologia de interfaces poderá ser aplicada a um largo conjunto de contextos. Neste âmbito, Vertegaal (2002) define vários tipos de interfaces de atenção, nomeadamente pelas suas caraterísticas. Estas podem ainda ser diferenciadas com base na capacidade de monitorização ativa do estado de atenção o utilizador. Por exemplo, os sistemas de interfaces gráficas não contemplam um meio implícito de medição da atenção do utilizador, apenas a organização manual das próprias janelas é que poderão ser vistas como uma forma do utilizador comunicar a sua atenção. A este tipo de sistemas Vertgaal (2002) classifica como explícitos. Por outro lado, sistemas que empregam sensores, como *eye tracking* ou *gaze traking*, para medir o atual estado de atenção do utilizador são classificados pelo autor como implícitos. A caraterística seguinte determina o que é medido pela tecnologia de sensores: o foco de atenção de um utilizador, ou o seu limiar.

Tipicamente, as interfaces de atenção utilizam um conjunto de combinações destas técnicas. Outra característica importante é a tipologia de tecnologia sensorial que será aplicada, que no caso de sistemas explícitos poderá ser o ponteiro do rato. Perceber se o sistema armazena alguma das medidas descritas anteriormente como um modelo, e a consideração sobre a forma como um sistema deste tipo influencia positiva ou negativamente a carga de atenção do utilizador, sistema ou rede são as outras características que os autores consideram relevantes na definição de interfaces de atenção.

### **Como Detetar o Atual Estado de Atenção**

Segundo Roda e Thomas (Roda & Thomas, 2006), a deteção do atual estado de atenção de um indivíduo envolve a recolha de informação sobre o atual foco de atenção do utilizador, o seu atual objetivo, e alguns aspetos relevantes sobre o ambiente em que este se encontra inserido. Os mecanismos de deteção da atenção que foram mais frequentemente utilizados são baseados na observação de sinais sensoriais da atual atividade do utilizador e do ambiente. Porém, outros mecanismos, de âmbito não sensorial, também deverão ser empregues de forma a conseguir mais detalhadamente, o estado de atenção do utilizador.

#### *Mecanismos Sensoriais de Deteção de Estados de Atenção*

Entre os mecanismos sensoriais utilizados, *gaze tracking* é a abordagem predominante (Roda e Thomas, 2006). Tem sido aplicada para a deteção do actual foco de atenção de um utilizador enquanto executa diversas tarefas, tais como: participar num encontro virtual (Vertegaal, 1999), ler um documento electrónico escrito numa língua estrangeira (Hyrskykari *et al.*, 2000), ou apontar um cursor (Zhai, 2003). Mas, uma das maiores dificuldades relacionadas com a aplicação de *gaze tracking* é que, embora seja geralmente reconhecido que a direção do olhar é um bom indicador de foco de atenção, não pode ser tomado como um indicador seguro (Roda & Thomas, 2006). Resultados na área da psicologia cognitiva, relacionados com o fenómeno de *change blindness*, ou seja, a incapacidade de ver grandes mudanças que normalmente seriam facilmente identificadas (Simons & Rensink, 2005) suporta a hipótese de que a atenção é simetricamente distribuída em torno de um ponto de fixação (Simons & Rensink, 2005). Contudo, Rayner (1995) observou que se pode mudar o ponto de atenção visual sem necessariamente mover os olhos. Razão pela qual o *gaze tracking* é muitas vezes integrado com outros mecanismos para recolha de estímulos sensoriais, tais como a deteção de gestos (Hinckley *et al.*, 2000). Este tipo de informação pode ajudar a detetar tanto o atual foco do utilizador e eventuais focos alternativos, que incluem tanto as informações já disponíveis para o utilizador, como por exemplo, as informações exibidas num ecrã de computador que o utilizador não está a focar, como informações disponíveis para sistema, mas não para o utilizador, como é o caso conteúdos de bases de dados, e-mails recebidos, entre outros.

#### *Mecanismos não sensoriais de deteção de estados de atenção*

Tal como foi observado por Horvitz *et al.* (2003) a deteção de alocação de atenção pode também levar em conta indicações não sensoriais, incluindo: atividades programadas pelo utilizador, interação com sistemas e dispositivos, e informações sobre os utilizadores e os seus padrões de atividade e atenção. Contudo, mesmo quando são empregues mecanismos capazes de levar em conta todas estas variáveis, existirá sempre ainda um nível de incerteza sobre o foco do utilizador. E por esta razão, lidar com a incerteza continua a ser um aspeto importante na deteção da atenção do utilizador (Roda & Thomas, 2006).

Alguns autores concentram a sua pesquisa nos objetivos de maior importância para o utilizador, que o leva a não querer ser perturbado, ou querer ser informado sobre determinados eventos (McCrickard & Chewar, 2003). Contudo, e tal como foi dito anteriormente, a psicologia cognitiva tem demonstrado que tarefas de baixo nível e os objetivos ou metas, são condutores fundamentais de atenção. Assim, Roda e Thomas concluem este pensamento da seguinte forma:

*“User’s tasks and goals may be detected at various levels of details and form the reference against which it is possible to evaluate the appropriateness of the current focus.”* (Roda & Thomas, 2006)

## 2.5 A Geração Criativa de Ideias

O conceito de criatividade é algo muito vincado na sociedade, principalmente no mundo já contemporâneo. A exemplo disso mesmo, a União Europeia, em 2009, declarou o Ano Europeu da Criatividade e Inovação, com a finalidade de destacar o papel fundamental da criatividade para o desenvolvimento económico da Europa e o bem-estar social e individual dos seus cidadãos. Eventos, ações de sensibilização e publicações demonstraram o peso que a criatividade acrescenta para o desenvolvimento de competências pessoais, profissionais e empreendedoras, e o papel motivador que esta representa para a inovação e o progresso.

Apesar de artistas como Leonardo Da Vinci, Miguel Ângelo ou Einstein tenham refletido sobre os seus processos criativos, a criatividade apenas começou a ser estudada a partir da segunda metade do século passado. Com o impulso da investigação académica e empírica, a criatividade transforma-se, nos anos 70, num fator considerado preponderante para o desenvolvimento das organizações e para o seu êxito comercial. Segundo Tschimmel (2011) o conceito que mais contribuiu para esse impulso foi o “pensamento lateral” de Edward de Bono, que numa abordagem pragmática da criatividade, desenvolveu técnicas que estimulam uma perceção mais criativa e a produção de ideias originais em grupo. Teoria suportada pelo livro *Applied Imagination* (1950), onde o autor, em conjunto com Alex Osborn, realça o papel da criatividade para as equipas e organizações.

Mais tarde, e depois destes autores terem introduzido o pensamento lateral, o *Brainstorming* e os princípios que explicam o pensamento criativo, ocorreu aquilo a que Tschimmel (2011) chama um *boom* de publicações sobre as técnicas do pensamento creativo, chamadas, segundo a autora, *Creative Tools*. Esta afirma ainda que este fenómeno se mantém até aos dias de hoje, um momento denominado de Idade da Criatividade, das Industrias Criativas e da Economia Criativa.

Este pensamento torna-se ainda mais profundo quando analisamos que a criatividade é uma capacidade intrínseca do ser humano, do seu contexto, da sua natureza, e que este necessita para sobreviver. Pois, e tal como afirma a autora:

*“Vivemos com e em sistemas que geram ininterruptamente conhecimento e novidade na interação entre si. Aquilo que leva um sistema, como o Homem, a criar é o facto de ter de criar para se auto-organizar e desenvolver. Para um sistema cerebral como o nosso, é impossível não criar. O cérebro em funcionamento gera a mente e a mente gera pensamentos.*

*Somos seres reflexivos e conscientes. Somos seres culturais e simbólicos. A produção de ideias está na nossa natureza, e os processos de realimentação e auto-organização conduzem sem cessar ao surgimento de novas ideias. Interessante é saber o que nos faz criar mais, o*

*que propicia a aparição de ideias novas e radicais, o que favorece e estimula o pensamento criativo de indivíduos e grupos.”* (Tschimmel, 2011)

### **A Emergência de Ideias Centradas no Grupo**

Segundo Tschimmel (2011), existem diversos tipos de sistemas criativos: a natureza, os indivíduos, grupos de pessoas, instituições, cidades, países, etc. O que diferencia a pessoa singular de um grupo de indivíduos não é apenas a multiplicação de perspectivas, ideias e opiniões, mas também a nova dinâmica que se cria em grupo, e que influencia o processo criativo e o seu resultado. Assim, são mais importantes as relações entre os elementos e as interações que têm lugar, do que o número de componentes ou a sua dimensão.

Existe atualmente numerosos princípios e técnicas desenvolvidas para estimular e apoiar o pensamento criativo durante os processos de resolução de problemas, que atuam fundamentalmente na procura de um maior número de ideias e soluções mais originais, quando o tempo é uma variável relevante, e na procura do pensamento fluido e flexível. Contudo, e apesar de inúmeros manuais classificarem e ordenarem as técnicas segundo o processo criativo, Tschimmel deixa o aviso:

*“Embora, por um lado, esta abordagem possa operacionalmente facilitar a navegação e a orientação em processos criativos, por outro lado traz consigo duas desvantagens: 1. Acreditar erradamente que as técnicas são «receitas» para se mover «corretamente» no processo criativo e garantir o êxito dos resultados; 2. Aplicar as técnicas eficazmente requer que todo o grupo esteja familiarizado com os seus procedimentos e regras. Além disso, na maior parte dos casos, é necessário um moderador que conduza o processo colectivo e que controle a dinâmica de grupo.”* (Tschimmel, 2011)

### **O Brainstorming e as suas Variantes**

O Brainstorming foi desenvolvido nos anos 50 por Alex Osborn como método de pensamento divergente para a resolução de problemas em grupo, e divulgado na obra *Applied Imagination*, em conjunto com Edward de Bono, já referido anteriormente, no ano de 1953. Apesar de ter sido pensado originalmente como um método que acompanha todas as etapas do processo criativo, esta ferramenta é frequentemente utilizada como técnica, pois segundo Tschimmel (2011), esta só se aplica para um momento do processo, que é a produção de uma grande quantidade de ideias segundo os princípios-base do Brainstorming.

Excluir exteriorizações restritivas, bloqueios mentais e democratizar o comportamento comunicativo dos participantes, evitando discussões desnecessárias, são os procedimentos desta ferramenta, onde a co-produção de ideias, de uma maneira intuitiva e emocional, a partir de experiências e interações entre participantes, se torna o seu objetivo.

*“Cada um dá impulso ao outro. Assim, o grupo consegue criar o que cada um em separado não conseguiria: por falta de conhecimento e na ausência da interação, pois cada associação, cada comentário, cada ideia expressada pode ser fundamental para o resultado final.”* (Tschimmel, 2011)

Contudo, e apesar de esta ferramenta ser trabalhada de forma exaustiva em diversas empresas, existem também pessoas que não se sentem à vontade com este método. Tschimmel (2011) aponta fatores como a predominância da comunicação verbal e a apresentação dos pensamentos em voz alta, a presença de especialistas no grupo, cujas ideias influenciam os outros membros ou a inibição de apresentar pensamentos inusuais e fantasiosos. Destes



fatores, derivou do Brainstorming clássico, um conjunto de alternativas: as técnicas de *Brainwriting* (produção de ideias por escrito) e do *Brainsketching* (produção de ideias através de desenhos).

## 2.6 Web Design

Web Design agrega um conjunto alargado de técnicas e disciplinas para a produção e manutenção de sítios web. Estas disciplinas poderão incluir o *design* de interfaces, *user experience design* ou *search engine optimization*<sup>15</sup>. Habitualmente, e devido à abrangência de áreas que o Web Design atravessa, o desenvolvimento de páginas e sítios web é da responsabilidade de uma equipa onde cada indivíduo é especialista em uma ou várias áreas que, com o resto dos conhecimentos presentes na equipa, reúne competências suficientes para o desenvolvimento de sítios ou aplicações web estruturadas, eficientes e focadas na experiência do utilizador. No entanto, Web Design é muitas vezes usado para descrever o processo de desenvolvimento da interação com utilizador, incluindo a escrita de linguagens de marcação e programação *standard* para a web, o que exige por parte dos *web designers* fortes conhecimentos na área da usabilidade e acessibilidade.

Porém Web Design é outra área incluída no conceito da IHC. Neste caso, a análise psicológica dos diversos elementos de interação provocam no utilizador emoções que poderão influenciar a sua experiência com um determinado sítio ou aplicação web.

*“With website design, it is expected that emotion is aroused in the user based on a response to specific design elements. Therefore, the user may feel a sense of satisfaction when website colors are appealing, or when a graphical design elicits enjoyment or excitement. In addition, it is important that website design meets the needs and sensibilities of the user. This may include website design that is particular to subgroups with specific preferences.”* (Cyr, 2013)

Esta noção, que a autora partilha, de que um sítio web deverá ir ao encontro das necessidades e sensibilidades do utilizador reflete-se essencialmente no acesso à informação contida nas páginas, assim como o cuidado gráfico que estas deverão apresentar. Nesta área, diversos autores destacam a importância dos elementos visuais presentes nas páginas web e sua responsabilidade na perceção cognitiva experiência do utilizador.

*“But now we’re talking about emotional and visceral reactions – does a single orange square add tension to a design, brightness, balance, or nothing at all? The answer depends on so many factors that it’s genuinely hard to get it «right» without a lot of practice. The cognitive aspects of these design choices certainly play a part; for starters, you can make a page hard or easy to read (cognitive aspect). But each person is unique. Each person has different history of experiences, associations, and preferences; and each person is part of a culture that imposes its own meanings on color, typography, and imagery.”* (Tidwell, 2011)

Resumindo, este é o intuito desta secção: agregar e analisar os diversos elementos gráficos, visuais e culturais que afetam a perceção do utilizador sobre uma determinada página web. Uma análise transversal aos diversos contextos de uso e dispositivos utilizadas, pois estes elementos estão presentes no desenho de as todas interfaces gráficas.

---

<sup>15</sup> Conjunto de estratégias que permitem potenciar e melhorar o posicionamento de um site nos resultados dos motores de pesquisa.

*“The answer lies in a combination of many factors working in concert: color, typography, spaciousness, angles and shapes, repeated visual motifs, texture, images and cultural references”* (Tidwell, 2011)

Estes elementos, referidos por Tidwell, serão a seguir apresentados pois, no seu conjunto, formam os pilares para as páginas web desenvolvidas para as provas de conceito, no Capítulo 3.

### **Cor**

Para Tidwell (Tidwell, 2011) a cor é um dos primeiros elementos, juntamente com as formas geométricas básicas, que o utilizador perceciona em qualquer projeto de design. Contudo, o autor deixa uma nota:

*“Yet the application of color to art and design is infinitely subtle – master painters have studied it for centuries. We can only scratch the surface here.”* (Tidwell, 2011)

Tidwell, alargando este conceito à utilização de cores no desenho de interfaces, define algumas regras que deverão ser consideradas:

- Usar contraste claro/escuro entre elementos e fundo;
- Combinação entre cores “quentes” e “frias”;
- Fundos claros são mais comuns em interfaces gráficas digitais e impressões;
- Usar o contraste entre cores para atingir diferentes níveis de experiência;
- Assim como a saturação de cores não deverão ser usados com frequência.

### **Tipografia**

*“By choosing a font (properly called typeface) for a piece of text, you decide what kind of voice that text is «spoken» in. The voice might be loud or soft, friendly or formal, colloquial or authoritative, hip or old-fashioned.”* (Tidwell, 2011)

Segundo o autor, a escolha da tipografia, tal como a cor, deverá ser sempre influenciada pelo seu grau de legibilidade, pois este influencia a experiência do utilizador na interação com a interface. Contudo o autor faz mais algumas considerações:

- Tipografias não serifadas funcionam melhor em monitores, devido à sua legibilidade em tamanhos pequenos. Contudo, algumas tipografias serifadas funcionam também em formatos digitais, como é o caso da Georgia (tipografia usada nas provas de conceito que serão apresentadas no Capítulo 3);
- Evitar ornamentações ao texto, pois tornam as palavras ilegíveis em formatos pequenos;
- Tipografias bastante geométricas são tendencialmente difíceis de ler em tamanhos mais reduzidos;
- Apesar de maiúsculas tornarem o corpo de texto difícil de ler, são bastante práticas em títulos e frases curtas;
- Determinar cada linha de texto com dez ou doze palavras, no máximo, para permitir legibilidade.

Esta são apenas alguns conselhos técnicos que o autor dá no desenho de interfaces gráficas e que deverão ser consideradas independentemente das razões emocionais do utilizador. No entanto, Tidwell (Tidwell, 2011) não esquece os aspectos emocionais:

*“Now for the visceral and emotional aspects. Fonts have distinctive voices – they have diferente graphic characteristics, textures, and colors on the page. For instance, some fonts are dense and dark, while others are more open – look at thickness of strokes and the relative sizes of letter openings for clues, and use the «squint test» if you need a fresh and objective look at the font.”* (Tidwell, 2011)

E culturais:

*“Cultural aspects come into play here, too. Old-fashioned fonts, usually with serifs, tend to look – wait for it – old-fashioned, although anything set in Futura (a sans-serif font) still looks like it came from 1963 science textbook.”* (Tidwell, 2011)

### **Espaço e Aglomeração**

De uma forma bastante linear, para o autor (Tidwell, 2011) espaço, numa página web, dá sensação de leveza, tranquilidade e liberdade, dependendo de outros factores associados ao *design*. Por outro lado, aglomeração ou lotação de elementos numa página poderão sugerir tensão, urgência. Isto porque, segundo Tidwell, os elementos gráficos precisam de “respirar”:

*“... when they’re colliding against each other or against the edges or borders of the page, they cause visual tension.”* (Tidwell, 2011)

Contudo, e como já foi referido, este conceito não é estanque e encontra-se dependente de outros factores e elementos visuais que constituem a página web.

### **Ângulos e Curvas**

Ângulos e curvas poderão acrescentar algo mais à experiência do utilizador. Apesar de habitualmente indicarem sentidos opostos, ambos poderão contribuir para o design e emoção de o utilizador na consulta de uma página web.

*“A page composed of straight up-and-down lines and right angles generally looks calmer and more still than a page containing diagonal lines and nonrectangular shapes. (...) Curves can also add motion and liveliness, but not always. A design made with a lot of circles and circular arcs can be calming and restful. But a curveswooping through a page sets the whole design in motion, and a few carefully chosen curves in an otherwise rectangular design add sophistication and interest.”* (Tidwell, 2011)

### **Texturas**

Texturas podem acrescentar riqueza ao design visual, Tidwell (Tidwell, 2011) dá o exemplo da tipografia como elemento que apresenta a sua própria textura, afirmando que para muitas páginas web e outras interfaces digitais, a tipografia é o elemento mais importante de textura.

Contudo, o autor defende que outros tipos de texturas também deverão ser considerados:

*“Blank regions, such as the strips of empty space down the sides of a web page, can look much better when filled with a texture. (...) Textures add visual interest, and depending on what they look like, they can add warmth, richness, excitement, or tension.”* (Tidwell, 2011)

Para o autor, as texturas mais eficazes, no desenho de interfaces, são subtis. Recorrem a cores suaves e pequenos detalhes. Mas o autor sugere para que se recorra a este elemento com cuidado quando usada por trás de letras em ecrãs de computador, já que a textura pode interferir com a legibilidade do texto.

## **Imagens**

Na maioria das páginas e aplicações web, o conteúdo e o seu acesso é mais importante que o estilo visual da interface. Assim, e segundo Tidwell (Tidwell, 2011), deverão ser usadas apenas imagens puramente decorativas que deverão focar-se apenas na funcionalidade da interface, já que tendem a ser um elemento de distração.

*“That being said, you should look at the functional icons and images in your design – such as toolbar icons and website image links – and see if they make the emotional statement you want the whole design to make. Use the same criteria listed here: color, texture, angles, curves, spacing, and so on.”* (Tidwell, 2011)

No entanto, e dada a subjetividade associada ao uso de imagens, devido à disparidade de emoções e interpretações que estas podem causar no utilizador, Tidwell deixa o aviso:

*“This is a delicate area, so if you’re not sure something works, test with users”* (Tidwell, 2011)

## **Referências Culturais**

Este é o elemento que mais chama a si as emoções e percepções do utilizador na experiência de uso de uma determinada interface. Neste âmbito, deverão ser analisados os utilizadores, os seus hábitos e experiências, e adequar o mais possível todo o design ao padrão cultural, etário, etc. do utilizador final. Este é o desafio de todos os profissionais que desenham interfaces, sejam elas para a web ou qualquer outra plataforma ou dispositivo.

*“Obviously, if you make overt cultural references, consider your audience. A 10-year-old will not get the 1970s pop-art reference. Changes are good that a young adult in India won’t either. But if your audience is sufficiently well defined for you to know that a cultural reference will be familiar to them, it can be good «hook» to engage a viewer emotionally with your design.”* (Tidwell, 2011)

Estas considerações estendem-se a todos os elementos analisados até aqui. Cor, tipografia, espaço, curvas, texturas e imagens deverão ser consideradas tendo em conta o utilizador e o seu contexto.

Reitera-se assim a importância destes conceitos no desenvolvimento das provas de conceito, descritas no Capítulo 3. Esta secção pretendeu apenas apresentar os elementos que permitiram desenhar as páginas web, com intuito de tornar a experiência do utilizador o mais aproximado do contexto real de consulta de páginas web.

### 3 O Projeto: Interfaces Cérebro-Computador no desenho de páginas Web

No alinhamento do contexto teórico, desenvolvido nos capítulos anteriores, as próximas seções apresentarão o projeto e todo o processo de desenvolvimento de ideias, protótipos, e testes com o intuito de levar ao utilizador comum um paradigma que vai reclamando espaço no amplo conceito da interação homem-computador.

Serão, então, expostas as diferentes fases que resultaram em 3 provas de conceito, que pretendem ir ao encontro da premissa desta investigação: quais os elementos de interação a ter em conta, no desenho de páginas web, com a introdução de interfaces cérebro-computador. Tendo como base a proposta de calendarização como guião para os capítulos que se seguem.

Os exemplos das provas de conceito, bem como vídeos explicativos, fotografias e outros recursos, poderão ser encontrados no DVD que acompanha este documento e que complementa esta dissertação.

#### 3.1 O Conceito

A grande motivação, que sustenta este projeto, é o utilizador final. É ele que fará uso da tecnologia, às provas de conceito e contribuirá para a discussão em torno das possibilidades deste paradigma no desenho de interfaces e interações de páginas web. Não se trata, por isso, de desenvolver para uma tecnologia em particular, um dispositivo ou caso de estudo, correndo o risco de esquecer o utilizador.

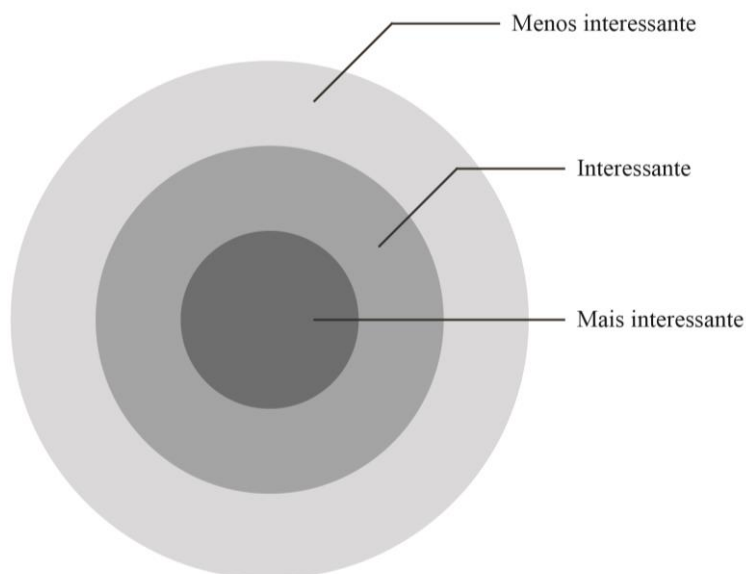
Este é, aliás, o grande problema da computação. O seu potencial, alicerçado a cada inovação tecnológica, atinge tal ordem de grandeza que por diversas vezes lhe é atribuído dogmas e certezas que, com o tempo, acabam por não se verificar. Rapidamente se conclui que determinada inovação virá alterar o quotidiano e os hábitos, há muito enraizados, das pessoas e que substituirá este ou aquele objeto, rotina, ou perceção sobre determinado assunto. Assume-se, então, dada esta perspetiva, que é o Homem quem se adapta à tecnologia, à inovação, que necessita dela, que a acompanha na sua evolução. Quando na realidade, não é isso que acontece. Whitworth (Whitworth, 2013) dá inclusive exemplos concretos disso mesmo:

*“Over thirty years ago, paper was declared “dead”, to be replaced by the electronic paperless office (Toffler, 1980). Yet today, paper is used more than ever before. James Martin saw program generators replacing programmers, but today, we still have a programmer shortage. A “leisure society” was supposed to arise as machines took over our work, but today we are less leisured than ever before (Golden & Figart, 2000). The list goes on: email was supposed to be for routine tasks only, the Internet was supposed to collapse without central control, video was supposed to replace text, teleconferencing was supposed to replace air travel, AI smart-help was supposed to replace help-desks, and so on.”* (Whitworth, 2013)

Na prática, o pensamento de Whitworth é o conceito. Um conceito que se quer, próximo, menos intrusivo, e logo, mais natural e adaptado ao utilizador, às suas necessidades e contexto. Um conceito que tenta projetar uma realidade, abrindo o espaço de discussão sobre as suas potencialidades numa área de estudo abrangente: o desenho de páginas web.

Esta é, e sempre foi a forma como este projeto foi tratado, seguindo, com base no tempo e logística disponível, os critérios de desenho de interações, geração de ideias e espaços concetuais a fim de fomentar a experimentação e a comunicação Homem-computador.





**Ilustração 14 - Exemplo de um referencial de usado na técnica de Brainwriting**

Assim, e seguindo esta metodologia, a reunião começou com uma contextualização sobre o conceito da ICC e sua ligação ao desenho de páginas web, dentro dos parâmetros viáveis para o *design space*. Entretanto, foi dada oportunidade aos participantes de contribuírem com ideias para a criação deste espaço concetual de *design*.

Porém, e como objetivo desta reunião é a contribuição de ideias para o desenvolvimento de um *design space*, ou seja, elaboração de um espaço onde coexistem múltiplas ideias sobre a(s) mesma(s) premissa(s), não fazia sentido registrar apenas uma ideia, como é habitual neste tipo de técnicas. Por seu lado, o intuito era fomentar a criatividade, a geração de ideias, aumentar esse *design space*. Para isso estiveram presentes 8 pessoas, com um total de duas mulheres e seis homens, com idades compreendidas entre os 29 e 39 anos, e com um perfil profissional e acadadémico ligado às novas tecnologias, que recorrem à web não só a título pessoal, mas também profissional, que se disponibilizaram durante cerca de 1 hora para participar e contribuir para esta iniciativa. Tal como é descrito no APÊNDICE B, os elementos foram contextualizados, de forma mais pormenorizada, sobre o intuito da reunião e quais os parâmetros em que esta se baseava: assumindo a monitorização da atenção e da meditação, através de uma interface cérebro-computador, que exemplos poderão ser criados na interação com páginas web.

No entanto, as provas de conceito que serão desenvolvidas tiveram a sua génese no contributo do próprio autor, que contribuiu durante a reunião para o *design space*, optando depois pelo seu desenvolvimento.

O resultado foram 29 ideias que são listadas na Tabela 1:

|  |
|--|
| <b>Menor</b> Atenção - Photobooth e mostra fotografia    |
| <b>Menor</b> Atenção - Aumenta a luminuzidade do teclado |
| <b>Menor</b> Atenção e Maior Relax - Sleep screen        |

|  |
|--|
| <b>Menor</b> Atenção - Inversão do movimento do rato                       |
| <b>Maior</b> Relax - Aumento do brilho do ecrã                             |
| <b>Maior</b> Atenção - Indica quem está online                             |
| <b>Menor</b> Atenção - Ritmo sonoro  |
| <b>Maior</b> Atenção - Repetição   |
| <b>Menor</b> Atenção - Ponteiro do rato psicadélico                        |
| <b>Menor</b> Relax - Dispara chat "Precisa de ajuda?"                      |
| <b>Maior</b> Relax - Inquerito "Gostou desta página"                       |
| <b>Maior</b> Atenção - Menos links externos                                |
| <b>Maior</b> Atenção - Mais publicidade                                    |
| <b>Maior</b> Atenção - Menos disturbios visuais e sonoros                  |
| <b>Menor</b> Relax - Dispara vídeo zen                                     |
| <b>Maior</b> Relax - Ritmo sonoro  |
| <b>Menor</b> Atenção - Destaque ao conteúdo                                |
| <b>Menor</b> Atenção - Sonificação de gestos                               |
| <b>Menor</b> Atenção - Maior ruído visual                                  |
| <b>Menor</b> Relax - Publicidade sem som ou animação                       |
| <b>Menor</b> Relax - Apenas conteúdo fundamental                           |
| <b>Menor</b> Atenção - Fade out de imagens e textos laterais               |
| <b>Menor</b> Relax - cores mais neutras                                    |
| <b>Menor</b> Atenção - aumento do tamanho do texto                         |
| <b>Maior</b> Atenção - Foco no texto                                       |
| <b>Extremo</b> Relax <b>sem</b> Atenção - Som de despertador               |
| <b>Menor</b> Relax - Sistema de apoio à escrita no teclado                 |
| Adaptação da Interface mediante o nível de experiência do utilizador       |
| <b>Menor</b> Atenção - Vídeo pára e só recomeça a o nível de atenção subir |
| Menu de ajuste dos níveis de interação com o dispositivo                   |
| <b>Menor</b> Relax - regulação das mensagens que aparecem utilizador       |

**Tabela 1 - Lista de ideias recolhidas da sessão de Brainwritting**

De realçar, na Tabela 1, que apesar de algumas das ideias não focarem exclusivamente a interação dentro da janela de navegação de Internet, estas não foram desconsideradas já que, e tal como foi referido na contextualização do processo de geração de ideias, na Secção 2.5, o intuito deste processo não passa por restringir o processo criativo. Todas as ideias devem ser consideradas, até porque este foi o primeiro passo na criação de um espaço de discussão e, como poderá ser observado na próxima secção, este será ainda analisado e organizado em categorias que se assumam viáveis para o *design space* proposto. Tal como é apresentado na



Tabela 1, foram ao todo reunidas 31 ideias, das quais duas não se enquadram dentro das opções definidas para o *design space*, no que diz respeito à atenção e a meditação. Outras ideias conduzem o nível de adaptação além da janela de navegação da Internet, sugerindo mesmo alterações ao nível dos próprios componentes do computador, como por exemplo “Menor Atenção - Aumenta a Luminosidade do teclado”.

Reitera-se, no entanto, que dado o perfil embrionário deste *design space*, nenhuma ideia foi descartada. Pois acredita-se estas poderão vir ainda a despertar novas ideias e conceitos em torno do âmbito deste projeto.

### **A Classificação**

“Some taxonomists feel that their legacies will live on even though they are retiring and leaving the lifelong studies that often began with an organic fascination in the natural world around them.” (Grant, 2009)

Grant (2009), num artigo publicado em 2009, apresenta as suas razões para a tese de que os taxonomistas estão a desaparecer, usando os biólogos e a sua ciência como exemplo disso. Apesar da premissa algo pessimista, Grant defende que este é um ato que nasce com o ser humano:

“Most children are born taxonomists. Exploring, discovering, and naming the living things in one's environment, whether it's a backyard or a city block, seem to come naturally.” (Grant, 2009)

E esta é a força motriz deste desafio: a classificação de diferentes ideias, recolhidas na sessão de *Brainwriting*, através das suas características, separando-as ou organizando-as em conjuntos comuns, permitindo assim a sua catalogação. Desta forma, será possível elaborar o *design space* e estruturá-lo, permitindo que ideias futuras possam contribuir para um determinado conjunto, ou permitam a criação de um novo.

Utilizando a técnica de *card sorting*, foram ainda desenvolvidos três tipos de classificações por três intervenientes do projeto: o autor e os dois professores responsáveis pela cadeira de Produção de Projeto Final. Dos resultados individuais (APÊNDICE C), foi possível chegar a uma estrutura comum e catalogar as ideias em dois grandes grupos:

- Ações no conteúdo dentro do foco da atenção ou meditação;
- Ações no conteúdo fora do foco da atenção ou meditação.

Enquanto o primeiro assume as ações que deverão acontecer enquanto o utilizador desempenha funções no conteúdo que se ajusta, de forma automática, aos seus níveis de atenção e meditação, num determinado momento. O segundo, por outro lado, trabalha na periferia do conteúdo que o utilizador consulta, sobre o qual o utilizador não incide diretamente a sua atenção ou meditação.

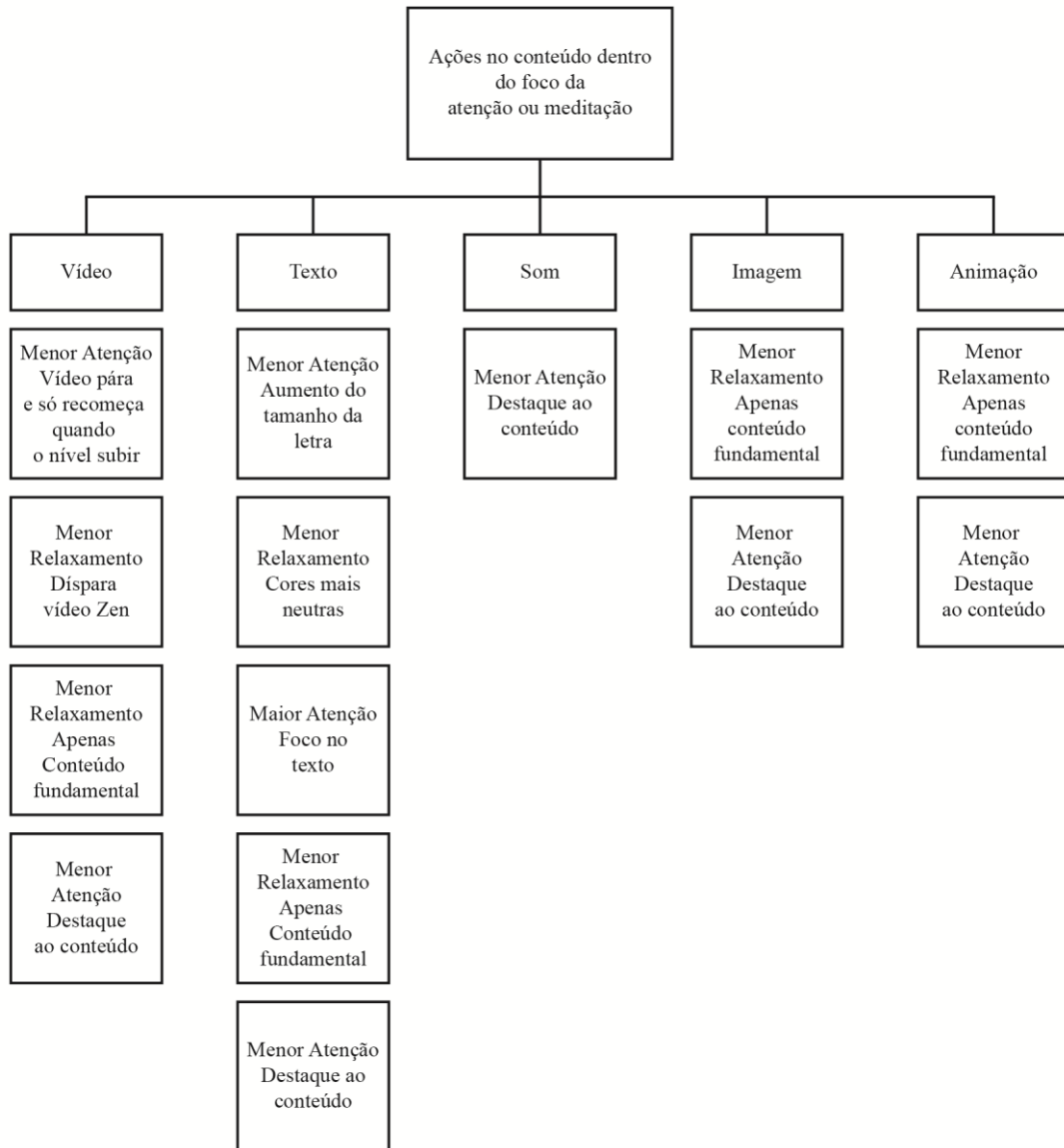
Tendo em conta as características das ideias geradas, ambos os grupos, subdividem-se então da seguinte forma:

- Vídeo;
- Texto;
- Som;
- Imagem;

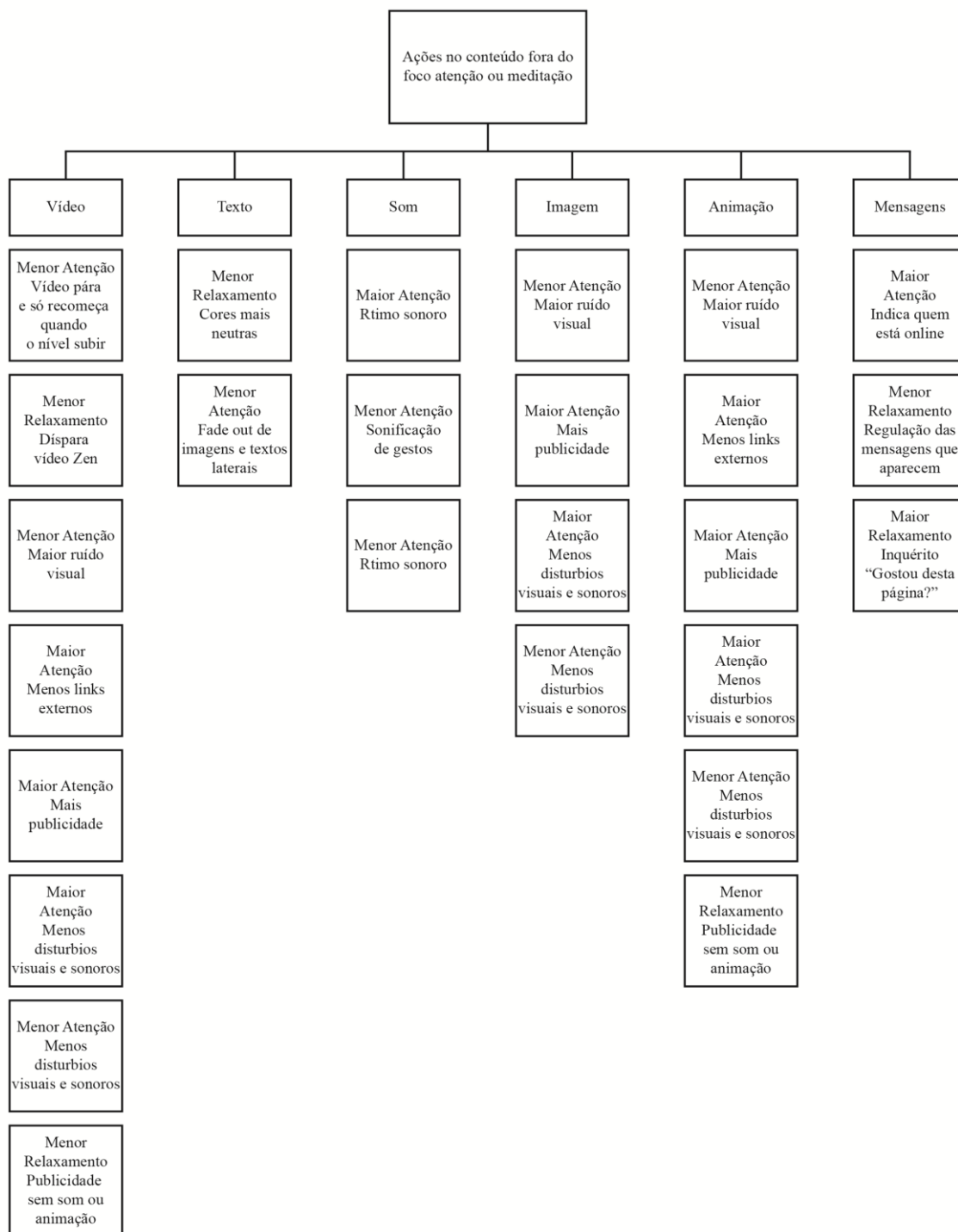
- Animação;

Contudo, o grupo das ações no conteúdo fora do foco da atenção ou meditação inclui ainda o subgrupo “Mensagens”. Esta ação sucede-se devido ao facto das ideias recolhidas enquadrarem-se com formas de interação que envolvem troca de mensagens instantâneas entre utilizadores, em redes sociais por exemplo, ou métodos de recolha de dados do utilizador, através do preenchimento de formulários. Muitas vezes, a abordagem adotada por estes métodos é algo intrusiva atuando regularmente em segundo plano, mas recorrendo a sons e efeitos visuais que poderão, em algum momento, perturbar o utilizador.

Numa perspetiva agregadora, é então possível definir as tipologias da seguinte forma:



**Ilustração 15 - Catalogação das ações no conteúdo dentro do foco da atenção ou meditação**



**Ilustração 16 - Catalogação das ações no conteúdo fora do foco da atenção ou meditação**

Quando analisados ambos os grupos, facilmente se conclui que o segundo grupo, que centra as ações do conteúdo fora do foco da atenção e da meditação do utilizador, apresenta quase o dobro das alternativas (26) do que o grupo que cataloga as ações dentro do foco da atenção e da meditação (14). Isto acontece devido ao facto destes exemplos poderem enquadrar-se no âmbito ddos diversos formatos que atualmente é apresentada nas páginas web, assumindo

todos os formatos que são contemplados nos dois grupos. Com exceção para as mensagens, já que as ideias apresentadas não contemplam a via da publicidade. Contudo, é importante realçar que os dados recolhidos não são associados apenas a uma subdivisão de cada grupo. Dadas as diversas interpretações que poderão ser associadas para cada ideia, existe possibilidade que estas se multipliquem dentro de cada grupo, podendo estar presente em “vídeo” ou “animação”, por exemplo. Contudo, não é possível que esta interpretação se alargue aos dois grupos, ou seja, terá que estar bem determinado se uma ideia se encontra contextualizada nas ações no conteúdo dentro ou fora do foco da atenção ou meditação, não em ambos.

Outro dado interessante de análise é quantidade de ideias que se encontram presentes na subdivisão “vídeo” (8), no grupo de ações no conteúdo fora do foco da atenção, principalmente quando comparado com a mesma subdivisão do grupo oposto (4). Isto acontece porque o formato de vídeo, quando se encontra presente numa página web mas não pertence do conteúdo principal, é muitas vezes utilizado como publicidade, ou como conteúdo menos relevante.

### 3.3 As Provas de Conceito e o Projeto Artístico

Após concluído todo o processo de geração e recolha de ideias, e com o dispositivo testado e pronto a ser utilizado, este capítulo pretende indagar sobre o desenvolvimento de algumas provas de conceito recolhidas da reunião de *Brainwriting*.

Nos próximos tópicos, são então aprofundadas as referências e os algoritmos que permitiram criar exemplos funcionais de provas de conceito retiradas do *design space* proposto, com o intuito de aproximar o paradigma ICC das pessoas, sensibilizando-as, e permitindo que estas contribuam para um espaço de ideias mais completo e centrado no utilizador final.

Esta secção servirá ainda para descrever, de forma um pouco mais concisa, o projeto que serviu como exemplo para demonstrar, no âmbito de uma apresentação pública, a área sobre a qual gravita a presente dissertação.

As ideias escolhidas seguem o intuito do desenvolvimento do *design* centrado no utilizador. É, no entanto, esperado que estas provas de conceito contribuam para a discussão do *design* de páginas web que incluam a monitorização da atenção e a meditação.

Assim, e dado os objetivos descritos foram seleccionadas para desenvolvimento as seguintes provas de conceito, a partir da tabela 1, apresentada na Secção 3.2:

- O tamanho da letra do conteúdo aumenta caso a atenção do utilizador diminua, ocorrendo o inverso caso a atenção do utilizador aumente;
- A publicidade lateral vai diminuindo a sua opacidade caso os níveis de meditação do utilizador diminuam, ocorrendo o inverso caso os seus níveis de meditação aumentem;
- O vídeo para sempre que a atenção do utilizador diminui, voltando a arrancar quando a atenção deste aumenta.

Estas três provas de conceito, retiradas do *design space* proposto na 1.1, serão então, nas próximas secções, desenvolvidas com maior rigor. Será dado ênfase à análise dos diversos algoritmos, às ferramentas e referências utilizadas que permitiram refletir as ideias conseguidas em provas de conceito.

### **A Ligação com o Browser**

Como foi referido na Secção 1.1, o *design space* proposto é idealizado seguindo o pressuposto de que as interações e interfaces criadas deverão ser centradas em páginas web, ou seja, dentro da janela de navegação de Internet. Este é, aliás, o conceito base deste projeto: o recurso à janela de navegação da Internet para visualização e interação das provas de conceito criadas, já que estas serão suportadas por páginas web desenvolvidas para o efeito.

O Mindwave suporta Java<sup>16</sup> (através de JNI) e J2ME<sup>17</sup>, e seria importante parametrizar uma forma que permitisse recolher os dados captados pelo dispositivo, e trabalhá-los para que as páginas desenvolvidas pudessem interpretar esses dados em tempo real. Assim, foi utilizada uma biblioteca da linguagem de programação Processing<sup>18</sup> chamada MindSetProcessing<sup>19</sup> que havia sido desenvolvida pelo Professor Jorge Cardoso, professor e investigador na Escola da Artes da Universidade Católica Portuguesa.

Esta biblioteca, desenvolvida recorrendo ao driver de interpretação do sensor *ThinkGear*<sup>TM</sup>, aprofundado na Secção 2.2, possibilita o uso do dispositivo Mindset com a linguagem de programação Processing, permitindo inclusive o acesso aos valores recolhidos em formato *raw*, ou seja, sem quaisquer tratamentos ou processamentos, das diferentes ondas cerebrais, mas também dos valores eSense, responsáveis pelo cálculo da atenção e da meditação (relaxamento). Todavia, e como já foi referido na secção 3.5, esta biblioteca é também compatível com o modelo Mindwave da Neurosky, o sucessor do Mindset, já que ambos recorrem à mesma tecnologia *ThinkGear*<sup>TM</sup>.

Contudo, a ligação com o Processing não é suficiente. É necessário que os dados, agora reconhecidos pelo Processing, tenham reflexo nos diversos elementos apresentados na janela de navegação da Internet. Para isso, foi criado um canal de comunicação através de um protocolo WebSocket<sup>20</sup>, que recorre uma ligação TCP<sup>21</sup>, transformando o próprio exemplo do Processing num servidor de dados. Neste caso, dados provenientes da leitura e cálculo das ondas cerebrais. Isto da perspetiva do servidor.

Do lado cliente, na janela de navegação da Internet, as páginas que apresentam as provas de conceito, utilizam Javascript<sup>22</sup>, para interpretar os dados recolhidos pelo servidor, refletindo estas alterações em folhas de estilo CSS<sup>23</sup>.

---

<sup>16</sup> [http://www.java.com/pt\\_BR/download/whatis\\_java.jsp](http://www.java.com/pt_BR/download/whatis_java.jsp)

<sup>17</sup> [http://www.java.com/en/download/faq/whatis\\_j2me.xml](http://www.java.com/en/download/faq/whatis_j2me.xml)

<sup>18</sup> <http://processing.org/>

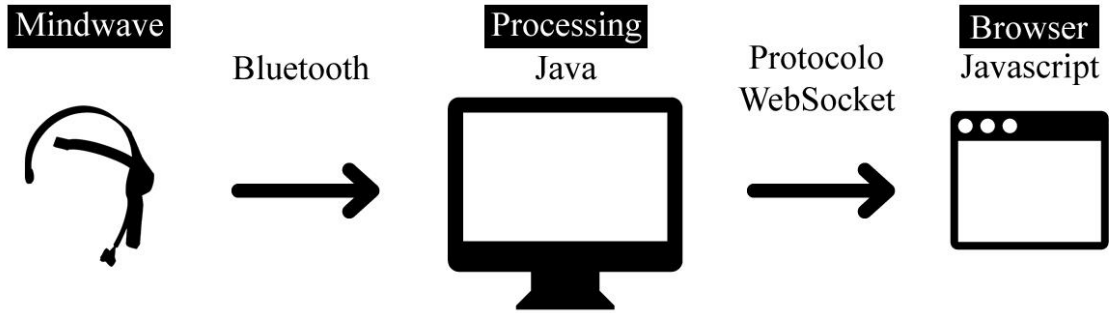
<sup>19</sup> <http://jorgecardoso.eu/processing/MindSetProcessing/>

<sup>20</sup> <http://tools.ietf.org/html/rfc6455>

<sup>21</sup> <http://www.ietf.org/rfc/rfc793.txt>

<sup>22</sup> <http://www.w3schools.com/js/DEFAULT.asp>

<sup>23</sup> <http://www.w3.org/Style/CSS/Overview.en.html>

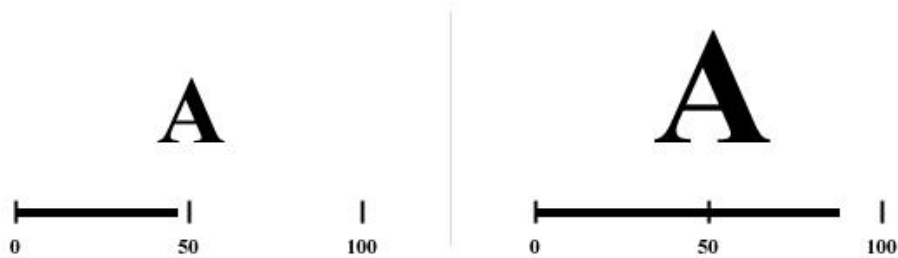


**Ilustração 17 - Arquitetura de comunicação entre o Mindwave e o browser**

Esta arquitetura permite assim que os dados recolhidos com o Mindwave sejam utilizados pelas diversas linguagens e tecnologias *standard* para a Web, facilitando a sua compatibilidade com a enorme variedade de navegadores de Internet disponíveis atualmente.

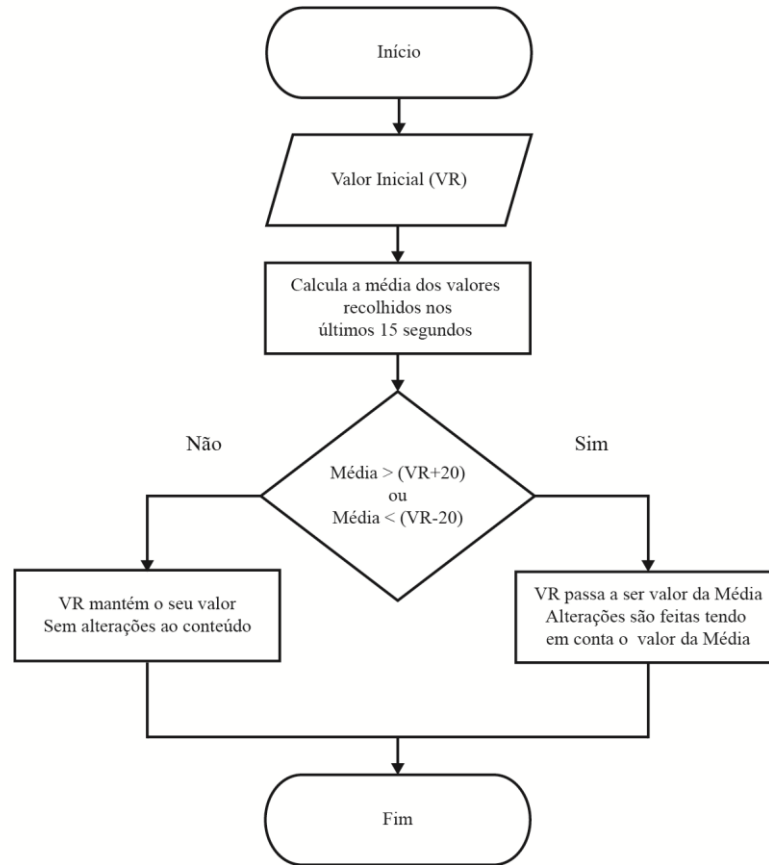
**Prova de Conceito N°1: Tamanho da Letra**

Tal como já foi referido no início do presente capítulo, a primeira prova de conceito centra a sua atenção no conteúdo do website, nomeadamente no texto e no tamanho que este apresenta. Como poderá ser observado Ilustração 17 o tamanho do texto altera-se quando os níveis de atenção do utilizador, calculados pelos sensores eSense, presentes no dispositivo Mindwave, também se alteram.



**Ilustração 18 - Reprodução do funcionamento da Prova de Conceito N°1**

No entanto, esta premissa levanta algumas questões que poderão influenciar drasticamente a experiência de interação pretendida: qual o nível de referência de atenção na leitura de páginas web, e qual o tempo de resposta das alterações realizadas ao texto, tendo em conta que os valores, captados pelo dispositivo, são recolhidos em tempo real. Estas questões, dada a sua pertinência, poderão ser desenvolvidas em âmbitos de investigação paralelos, pois ambas poderão ajudar a esclarecer muito do que hoje em dia é considerado *standard* na navegação e consulta de páginas web. No entanto, e dado a escassez de tempo para realizar tais tarefas, determinou-se os valores (a ambas as questões) da seguinte forma:



**Ilustração 19 - Algoritmo de funcionamento da Prova de Conceito N° 1**

Analisando a Ilustração 18, é possível verificar que o algoritmo permite a recolha dos níveis de atenção do utilizador, sem efectuar qualquer alteração à página. Sendo esse valor utilizado como referência (VR) para a comparação seguinte, ou seja, durante os 15 segundos seguintes, o algoritmo recolhe novamente os níveis de atenção do utilizador, calcula a média, tendo em conta o tempo e os valores recolhidos, e compara com o valor referência, recorrendo a uma margem de segurança para que as alterações aconteçam apenas quando existe uma alteração significativa ao valor referência. A seguir, o algoritmo guarda o novo valor da média como novo valor de referência (VR) e adapta o tamanho de letra de forma proporcional ao ao valor da média, recorrendo a uma regra de três simples.

Assim, o algoritmo adequa a sua decisão tendo em conta o valor inicialmente recolhido. Este será, aliás, o valor referência, com as alterações a realizarem-se sempre de 15 em 15 segundos<sup>24</sup>, se a média do valor recolhido nos últimos 15 segundos estiver fora da margem estipulada para o valor referência. Esta janela temporal, associada à margem do valor referência, evita que as alterações ocorram de forma constante, alterando o tamanho da letra a cada segundo, tornando-se intrusivo o utilizador. Contudo, a usabilidade desta prova de conceito aplica-se também ao próprio tamanho da letra. Neste âmbito, o especialista em usabilidade Oliver Reichenstein, num artigo publicado em 2006, defende que 16 pixéis será o tamanho ideal:

<sup>24</sup> Janela temporal que melhor se ajustava para consulta de conteúdo em páginas web, depois realizados testes com diversas janelas temporais diferentes.



*“The font size you are reading right now is not big. It’s the text size browsers display by default. It’s the text size browsers were intended to display... At first, you’ll be shocked how big the default text is. But after a day, you won’t want to see anything smaller than 100% font-size for the main text. It looks big at first, but once you use it you quickly realize why all browser makers chose this as the default text size.”* (Reichenstein, 2006)

Segundo esta premissa, o autor desafia inclusive Jakob Nielsen, outro especialista na área da usabilidade que, num artigo de 2002, defende que a decisão sobre o tamanho da letra deverá estar do lado do utilizador. Reichenstein, contrapondo esta ideia, argumenta da seguinte forma:

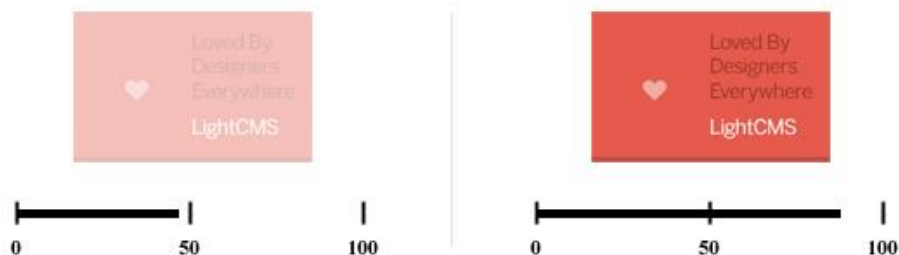
*“We don’t want to change our browser settings every time we visit a website!... We don’t want to click bigger or smaller buttons and we don’t want to change our preferences. We want to read right away. We want you to adjust to our settings, and not the other way around.”* (Reichenstein, 2006)

Seguindo estas indicações, foi adotado, no corpo de texto, o tamanho de 16 pixéis, podendo ascender aos 20, caso a atenção do utilizador seja, segundo os valores registados pelo eSense, igual a 0. Desta forma, é possível manter uma leitura constante, sem que transformações ao texto sejam demasiado intrusivas para o utilizador.

#### **Prova de Conceito Nº2: Transparência na Publicidade**

O algoritmo desenvolvido para esta segunda prova de conceito apresenta muitas semelhanças relativamente ao que foi apresentado na secção anterior. A recolha do valor de referência, média calculada ao fim dos primeiros de 15 segundos de medição do relaxamento do utilizador, mantém-se, assim como uso dos valores calculados pelo sensor eSense, para escalonamento das respetivas transformações. Contudo, esta prova de conceito foca o seu objetivo não no conteúdo, ou seja, na periferia do conteúdo principal, mas nas imagens e publicidade, e nos níveis de meditação do utilizador.

Na prática, a grande alteração, relativamente ao algoritmo anterior, está na definição da escala a atribuir à transformação que as diversas imagens deverão sofrer. Neste caso, e segundo a premissa da ideia, quanto menor for o nível de meditação do utilizador, menor será a opacidade das imagens que caracterizam a publicidade presente no site. Então, e do ponto de vista da escala utilizada, o nível 0 de meditação, calculado pelo sensor eSense, representa 0 de valor de opacidade nas propriedades das folhas de estilo CSS das imagens, com o nível 100 de meditação a representar 1.0 (valor máximo) de opacidade na respetiva propriedade CSS (Ilustração 19).

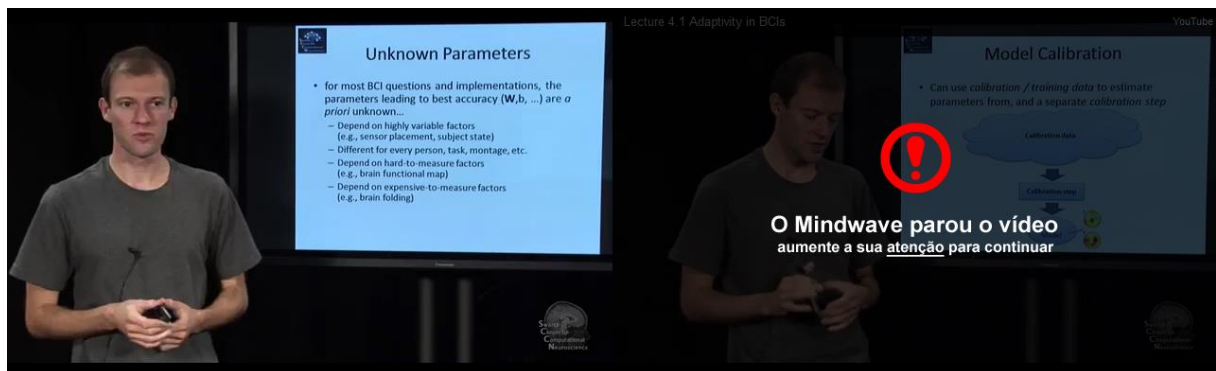


**Ilustração 20 - Reprodução do funcionamento da Prova de Conceito Nº2**

### Prova de Conceito Nº3: Controlo do Vídeo

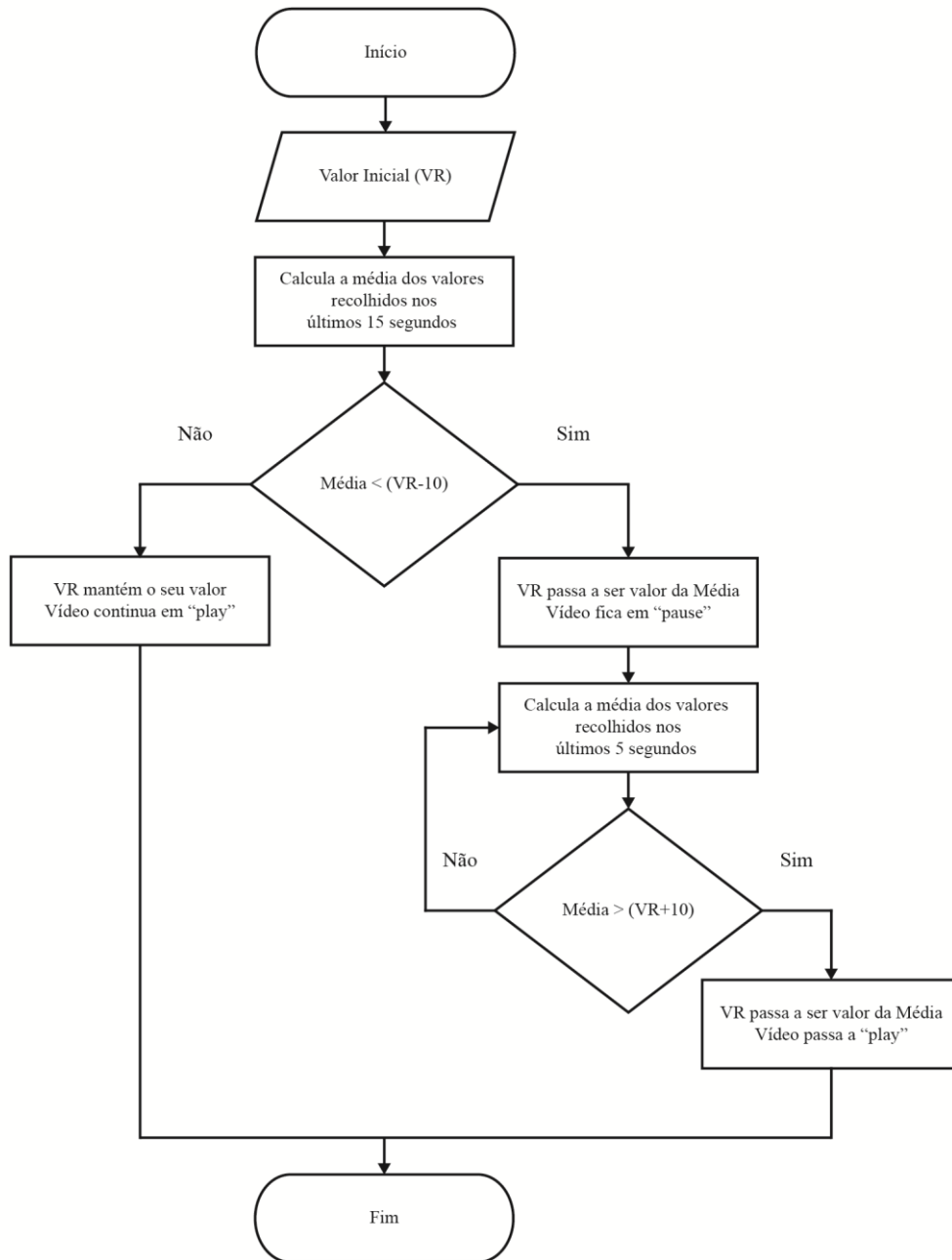
A terceira e última prova de conceito apresenta características ligeiramente diferentes das anteriores, quer ao nível do seu algoritmo, quer ao nível da tipologia do elemento que deverá sofrer alterações. Tal como já foi previamente mencionado, esta prova de conceito consiste em parar o vídeo sempre que o nível de atenção do utilizador, calculado pelo sensor eSense, decresce, voltando a arrancar quando esse nível sobe. E, se por um lado, e tal como acontece nas anteriores provas de conceito, a janela temporal de cálculo da média dos valores recolhidos deverá ser de 15 segundos para que o vídeo pare, por outro, a janela temporal que calcula a média dos valores recolhidos, quando o vídeo se encontra em pausa, deverá ser obrigatoriamente menor. Isto porque, 15 segundos de vídeo em pausa poderá causar a perda completa da atenção por parte do utilizador, e levá-lo, por exemplo a visitar outras páginas.

Este foi o motivo que levou à elaboração de dois algoritmos que funcionam alternadamente, conforme o estado do vídeo. Ou seja, e segundo a Ilustração 21, o primeiro apenas funciona quando o vídeo se encontra em *play*, e só pára para dar lugar ao segundo algoritmo quando entra em pausa. Este segundo algoritmo calcula da mesma forma a média dos valores recebidos, mas com uma janela temporal menor (5 segundos). Como é possível verificar, o algoritmo apresenta a génese da prova de conceito “Tamanho da letra”, com a diferença de existir duas comparações entre a média e o valor referência quando o vídeo se encontra num dos dois estados distintos: “*play*” ou “*pause*”.



### Ilustração 21 - Exemplo da mensagem que informa sobre o baixo nível de atenção

Para além disso, a margem associada ao valor referência, neste caso, diminuiu para metade do que é defendido nos exemplos anteriores, pois na fase de testes, que será descrita na Secção 3.7, foi possível verificar que o vídeo parava mais vezes, dificultando a análise ao comportamento do algoritmo e a perceção do utilizador sobre o fenómeno que acabara de visualizar. Neste campo, e tendo em conta a análise, foi também necessário criar uma mensagem, quando o vídeo parava, a informar que tal aconteceu devido a uma diminuição da atenção por parte do utilizador (Ilustração 20). Já que, na fase inicial de testes, os utilizadores associavam a paragem do vídeo a problemas relacionados com a falha de sinal da Internet.



**Ilustração 22 - Algoritmo de funcionamento da Prova de Conceito N° 3**

Relativamente ao algoritmo de funcionamento desta prova de conceito, destaca-se o facto de o início ser semelhante ao das provas de conceito anteriores, no entanto, o primeiro teste à condição ( $Média < (VR-10)$ ) determina se o valor da média é menor que o valor referencial menos 10, definindo assim o estado do vídeo. Caso seja verdadeiro, o vídeo pára e um novo ciclo de recolha do nível de atenção é remotado, mas agora assumindo uma janela temporal de menor dimensão (5 segundos<sup>25</sup>). Posteriormente, a condição é novamente testada, com o vídeo a retomar o estado “play” apenas se o valor da média dos valores recolhidos nos últimos 5 segundos for superior ao valor referência mais 10.

<sup>25</sup> Janela temporal encontrada e que, dentro das diversas experiências realizadas, melhor se adequava ao facto do vídeo se encontrar parado.

Esta prova de conceito apresentou-se um desafio ligeiramente diferente dos anteriores, já que foi usado um leitor de vídeo do Youtube, inserido na página, e isso exigiu o recurso à API de desenvolvimento que permite ter o controlo de todas as funções deste leitor.

### **O Projeto Artístico**



### **Ilustração 23 - Apresentação pública do projeto artístico**

O projeto artístico, desenvolvido no âmbito da cadeira de Produção de Projecto Final, enquadrou-se na necessidade de desenvolver uma experiência que recorre-se à tecnologia utilizada neste projeto, e fosse capaz de demonstrar numa apresentação pública, as potencialidades do paradigma cérebro-computador, em formato de instalação artística. Esta experiência permitiu fundamentalmente apresentar ao público as áreas desenvolvidas nesta investigação, possibilitando a sua interação com a instalação, contribuindo assim para uma experiência que tinha como objetivo a produção de elementos gráficos de forma, cor e posição aleatórias a partir do nível de meditação do utilizador. Quanto mais alto o nível, mais objetos eram desenhados no espaço apresentado.

Esta instalação foi inteiramente desenvolvida em Processing, com recurso ao dispositivo da Mindwave. Este projeto caracterizou-se por uma instalação na qual uma imagem de um vórtice de polígonos de diversas cores era criada, pedindo ao utilizador que acrescentasse polígonos, de cores e posições aleatórias, com o aumento do seu relaxamento. Sempre que um novo utilizador participava na instalação, os polígonos criados pelo utilizador anterior eram colocados na sua cor complementar. O objetivo foi criar um vórtice de polígonos que reunisse os níveis de todos os utilizadores envolvidos.

O projeto exigiu apenas o recurso ao Processing, ao dispositivo Mindwave, e à biblioteca que permite a comunicação entre ambos. Assim, e aproveitando o intuito artístico, este projeto agregou não só interfaces cérebro-computador, bem como o conceito de *design* generativo.

A realização desta instalação permitiu uma perspectiva mais artística sobre esta investigação, alargando a experiência de interação a um número alargado de pessoas, num contexto de maior exposição. Este foi também o desafio colocado às pessoas que participaram nesta experiência: conseguir atingir um nível de meditação (relaxamento) dentro de um ambiente ruidoso e movimentado.

### 3.4 Experiências com Utilizadores

Nas secções anteriores, foi descrito todo o processo envolto deste projeto e que culmina com a fase que aproxima este paradigma das pessoas, oferecendo a experiência de utilização das provas de conceito desenvolvidas e trazendo-as para a discussão do *design space*, contribuindo com ideias e sugestões que são o grande foco desta investigação.

A seguir, será apresentado o perfil dos utilizadores envolvidos nesta experiência, com recurso a dados recolhidos no momento da experiência que permitiram retirar conclusões não só dos seus hábitos de consulta de páginas web, mas também do contributo que efetuaram para o *design space* criado.

#### **Motivação e Contributo**

Qual é, dado o seu contexto habitual de consulta e navegação de páginas web, o contributo que este conceito de interação poderá fornecer ao utilizador? Esta é a força motriz desta fase: sensibilizar o utilizador para o paradigma e depois, aproveitando a sua experiência de uso, perguntar-lhe quais os contributos que, na sua ótica, poderão ser uma mais-valia para o avanço deste espaço concetual de *design*. Esta é uma fase de estímulo, de desafio, de discussão entre as pessoas, de contributo, descrevendo ideias que se mantenham dentro dos parâmetros que definem o *design space* criado.

Assim, e nas próximas secções, será dado a conhecer a metodologia utilizada, as perguntas que foram feitas e os resultados obtidos junto dos utilizadores. Haverá ainda espaço para a análise aos resultados, aos dados e observações, bem como, e fundamentalmente, o contributo obtido com esta estratégia para o alargamento do *design space*.

#### **Objetivos e Planeamento**

Tal como já foi referido no início deste capítulo, esta fase centra-se no utilizador e no contributo que este poderá dar para a conceção do *design space*, criado com a reunião de geração de ideias, e descrito na Secção 3.3. Este é o momento de sensibilizar o utilizador para o paradigma das interfaces cérebro-computador e, dentro do seu contexto habitual de navegação na web, experimentando as provas de conceito, obter as suas ideias, e assim alargar o leque de opções viáveis para o *design space*.

O planeamento desta fase de recolha de dados enquadrou-se na metodologia de entrevista semi-estruturada, com perguntas e observações, e a proposta de contributo para o espaço concetual de *design* desenvolvido. Desta forma, o teste tinha início com uma breve contextualização da tecnologia e do conceito desta investigação, sob o qual gravita este projeto, e de seguida era dado ao utilizador a hipótese de experimentar as três provas de

conceito, sem que fosse dada qualquer explicação sobre o funcionamento destas, pela seguinte ordem:

1. Tamanho da letra;
2. Transparência na publicidade;
3. Controlo do vídeo.

As três provas de conceito eram intercaladas por um conjunto de duas questões fixas, transversais às três experiências, mais as observações e perguntas que o autor achou indicadas e relevantes para esta investigação, e que serviam para perceber se o utilizador conseguiu perceber as alterações que iam acontecendo na página. Assim, o utilizador era confrontado com as seguintes questões:

- “Durante a experiência observou alguma alteração na página?”;
- (caso tenha respondido afirmativamente) “Consegue explicar o que aconteceu?”.

O intuito destas duas questões passa por recolher informação sobre a perceção do utilizador sobre as provas de conceito e, conseqüentemente, do paradigma ICC. Contudo, utilizando esta fase a metodologia de entrevistas semi-estruturadas, o autor intercedia junto do utilizador com as perguntas que achasse relevantes para a melhoria das provas de conceito desenvolvidas.

O questionário, o passo seguinte neste teste, tinha o intuito de recolher alguns dados etnográficos sobre o utilizador. Neste caso:

- Sexo;
- Idade;
- Nível de escolaridade;
- Área de formação;
- Número de horas diárias de utilização de Internet;
- E qual o contexto de uso dessa utilização.

Os dados etnográficos apenas serviram de desenho do perfil de cada utilizador, tendo em conta que este consulta com frequência páginas web. A seguir, era pedido que contribuísse com uma ou várias ideias, tendo em conta a experiência e os parâmetros que lhe foram apresentados e que constituem o *design space* que se quer ver alargado.

Numa fase preparatória, foi reunido um grupo de teste, constituído por quatro elementos, que permitiu analisar, na prática, o planeamento definido. Desta fase foi possível alterar o planeamento proposto, bem como as provas de conceito apresentadas.. Exemplo disso, foi a criação de uma mensagem, na prova de conceito “Controlo do vídeo”, a informar o utilizador que o vídeo havia parado porque o seu nível de atenção, calculado pelo dispositivo, tinha baixado, pedindo para que o utilizador se concentrasse de forma a conseguir visualizar o vídeo novamente. Esta necessidade de alteração à prova de conceito resultou porque os elementos utilizados como grupo de teste, atribuíam a paragem do vídeo a constantes falhas no sinal de Internet. Outra questão pertinente, também ligada à experiência “Controlo do vídeo”, residia no tempo de duração de exposição do vídeo em causa. A proposta foi desenvolvida recorrendo a um vídeo tutorial sobre o paradigma de ICC com cerca de 9 minutos. Contudo, análise desta experiência com o grupo de teste, rapidamente se percebeu que este seria demasiado extenso, e que poderia tornar o utilizador mais frustrado e menos motivado para continuar a visualizar o vídeo, devido às sucessivas paragens.



Outra alteração incidiu sobre o método de recolha de ideias para o *design space*. Inicialmente, o intuito era pedir este *feedback* ao utilizador no momento, contudo, na fase preparatória com o grupo de teste, verificou-se que esta situação provocava nos utilizadores pressão para que eles correspondessem de forma assertiva naquele momento. Optou-se então por obter o seu contributo nos dias seguintes através de e-mail.

Assim, o planeamento desta experiência com utilizadores ficou definido com a seguinte estrutura:

1. Introdução ao paradigma de ICC e explicação do funcionamento do dispositivo no âmbito do projeto de dissertação;
2. Provas de conceito:
  - a. Intercaladas com 2 perguntas transversais às 3 provas ou mais perguntas que o autor achasse relevantes para esta investigação;
3. Dados etnográficos;
4. Contributo para o *design space*;

Reitera-se a importância do 4º ponto neste projeto. Apesar do questionário poder revelar alguns dados interessantes sobre os utilizadores envolvidos, o grande enfoque está no contributo que estes poderão dar para espaço de design que cruza interfaces cérebro-computador e desenho de páginas web.

### **Resultados e Conclusões**

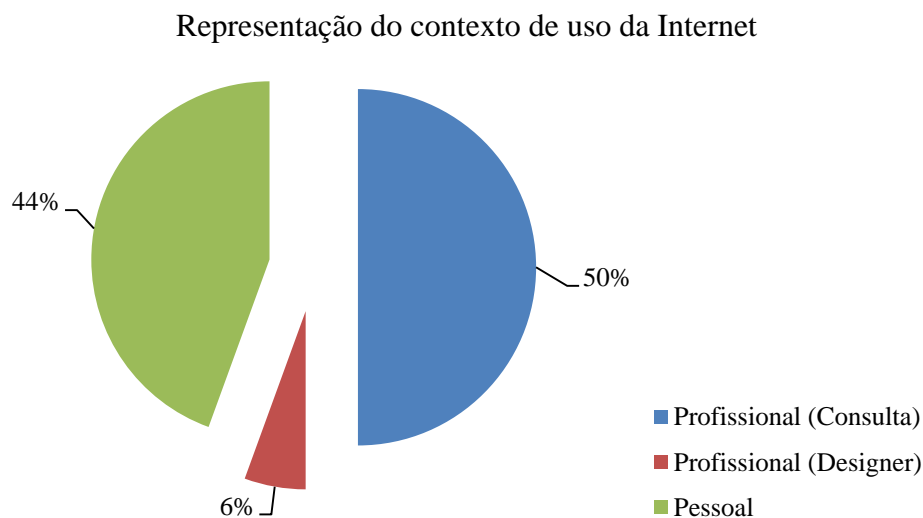
Esta secção dará a conhecer, segundo os dados retirados do questionário, o perfil dos utilizadores que participaram nesta experiência, assim como as ideias que contribuíram para evolução do *design space*.

A amostra obtida teve em conta os critérios que foram descritos na secção anterior. Destes critérios, a idade e número de horas de navegação na web foram variáveis importantes na análise e no contributo destes para o *design space*. Desta forma, a amostra apresenta-se composta por 10 indivíduos (Tabela 1), com idades entre os 18 e os 41 anos, com um nível de escolaridade a variar entre o 12.º ano e o Doutoramento, em áreas de formação diferentes, realizaram a experiência inseridos no local onde consultam páginas web.

|               | Nível de Escolaridade | Área de Formação        |
|---------------|-----------------------|-------------------------|
| Utilizador 1  | Mestrado              | Marketing               |
| Utilizador 2  | Licenciatura          | Psicologia              |
| Utilizador 3  | Mestrado              | Ciências da Comunicação |
| Utilizador 4  | Doutoramento          | Biologia                |
| Utilizador 5  | Mestrado              | Ambiente                |
| Utilizador 6  | 12.º Ano              | Científico-humanístico  |
| Utilizador 7  | Licenciatura          | Ciências da Comunicação |
| Utilizador 8  | Licenciatura          | Desporto                |
| Utilizador 9  | 12. Ano               | Científico-humanístico  |
| Utilizador 10 | Mestrado              | Medicina                |

**Tabela 2 - Nível de escolaridade e área de formação dos utilizadores**

O facto de ser apresentada uma amostra com níveis e áreas de formação diferentes entre si permitiu recolher diferentes de perspectivas sobre a experiência, e assim contribuir de forma diversificada para o *design space* criado. Como poderá ser observado no gráfico 1, metade dos indivíduos (50%) consulta a Internet a título profissional, mas a consulta de âmbito pessoal apresenta-se como o segundo resultado mais alto (44%).



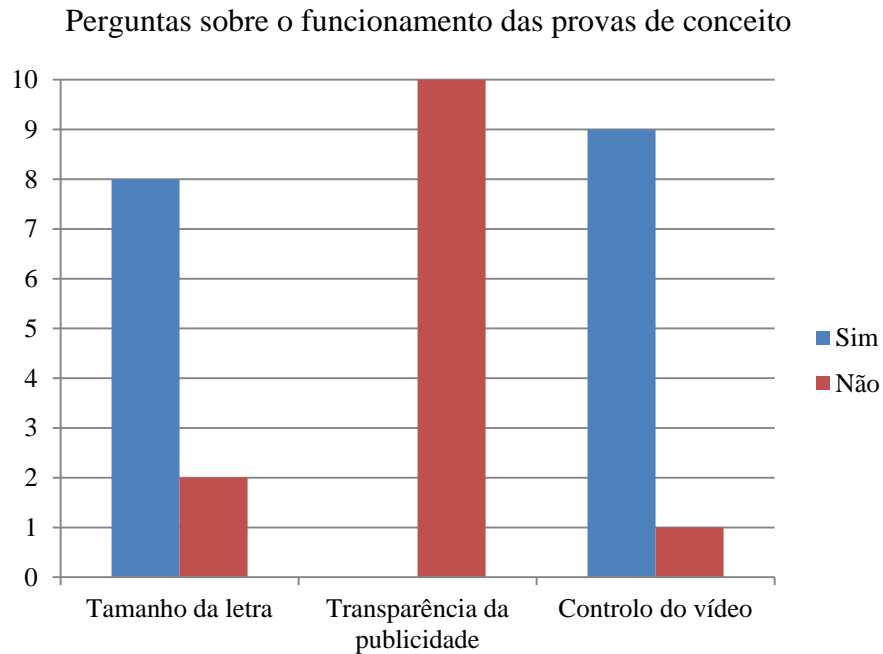
**Ilustração 24 - Resultados do contexto de uso da Internet por parte dos utilizadores**

Relativamente ao número de horas de utilização de Internet (gráfico 2), convém destacar a média de 7 horas e meia, com o valor mais baixo, deste registo, a ser 3 e o mais alto 16 horas, para um uso diário. Estes dados, quando analisados com resultados anteriores sobre o intuito de uso, permitem ajudar a definir o que mais motiva os sujeitos a recorrer à Internet.

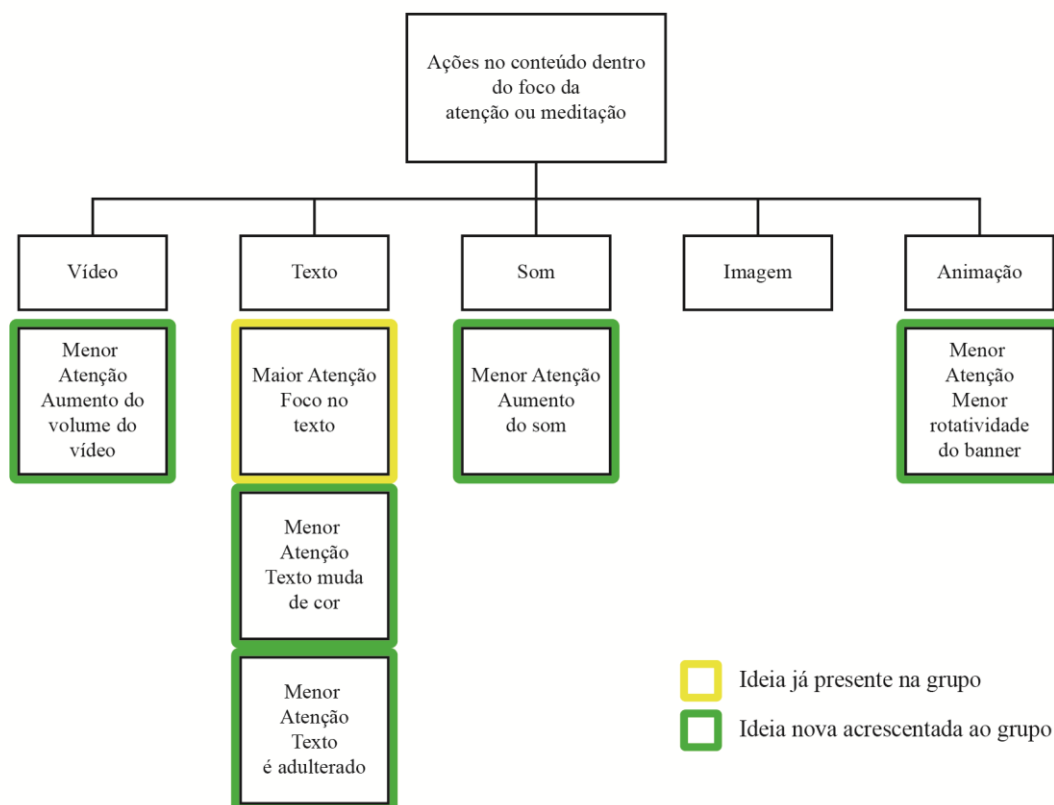
No que diz respeito às perguntas realizadas, no âmbito da experiência com as provas de conceito, destaca-se a facilidade com que os sujeitos conseguiram perceber e compreender as alterações que iam sendo realizadas durante a experiência de utilização. Convém, contudo, realçar que a prova de conceito nº2 não foi tão perceptível quanto as restantes. Esta situação poderá estar relacionada com o facto dos sujeitos, quando terminavam a prova de conceito



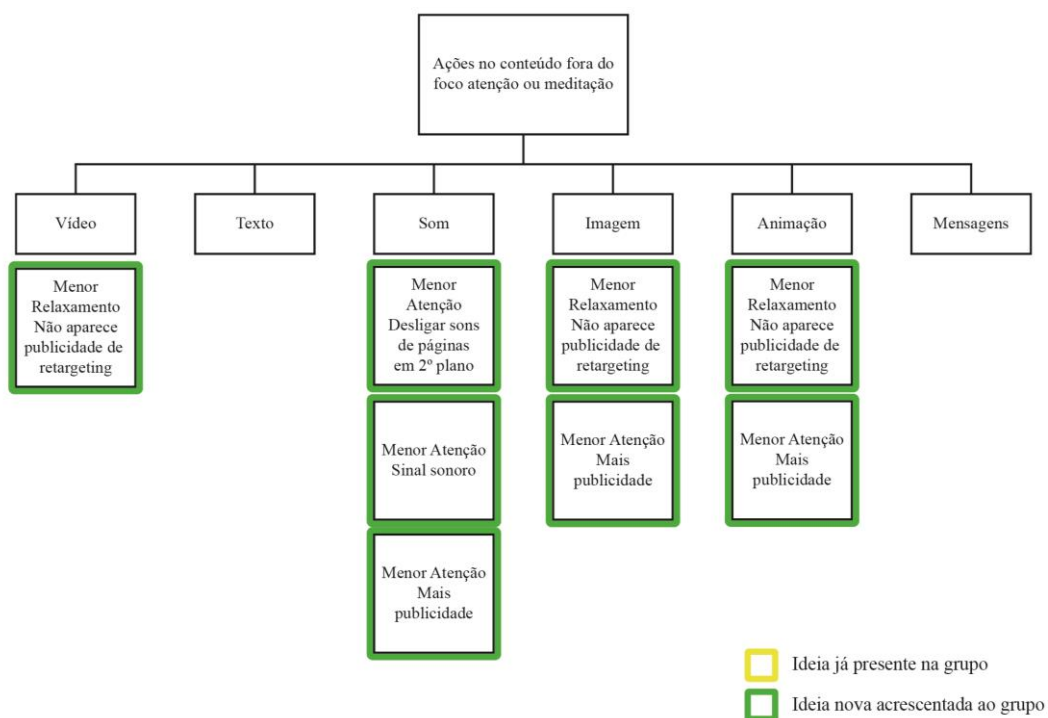
Nº1, encontrarem-se ainda focados no conteúdo principal, ignorando alterações que pudessem ocorrer nos elementos em torno deste. Porém, esta perceção de alteração no conteúdo, por parte dos sujeitos, sem que existisse qualquer indicação anterior sobre o assunto, poderá ajudar a melhorar a experiência de utilização destas provas de conceito.



Relativamente à **Ilustração 25 - Resultados do contacto com as 3 provas de conceito** de 50% dos sujeitos, justificando-se assim o contacto com o projeto como estímulo para a participação no desenvolvimento de novas ideias. Deste contributo resultaram mais 12 novas ideias que ajustam o *design space*, bem como a classificação taxonómica, da seguinte forma:



**Ilustração 26 - Atualização do grupo das ações no conteúdo dentro do foco da atenção ou meditação**



**Ilustração 27 - Atualização do grupo das ações no conteúdo fora do foco da atenção ou meditação**

Dos resultados obtidos destaca-se o equilíbrio no contributo para os dois grupos, com seis ideias em ambos, que ajudam a determinar o *design space*. Mais uma vez é possível verificar a multiplicação de ideias pelas várias subdivisões, fundamentalmente quando analisada no grupo que incide sobre as ações no conteúdo fora do foco da atenção ou meditação (Ilustração 25). Este comportamento ganha ainda mais relevo quando as ideias estão ligadas à publicidade porque, e tal como já foi analisado na Secção 3.3, esta é abordada sobre diversos formatos que vão desde o vídeo à animação. Por outro lado, e no que diz respeito ao grupo de ações sobre conteúdo dentro do foco da atenção ou meditação (Ilustração 24), verifica-se que a metade das ideias recolhidas para este grupo incidem sobre o formato de texto, com uma das ideias a ir ao encontro de uma já presente no *design space* – “Maior atenção, foco no texto”.

Desta análise é possível concluir que a grande maioria dos utilizadores focaram as suas ideias nos elementos que atuam na periferia da atenção ou da meditação, na consulta de páginas web. O intuito dos utilizadores incidiu sobre as distrações que as aplicações e páginas web provocam enquanto funcionam em segundo plano. É relevante também referir dois contributos que vão um pouco mais longe do que apenas tinha sido reunido até agora. O primeiro, no grupo das ações no conteúdo dentro do foco da atenção ou meditação (Ilustração 24), sugere a adulteração do próprio conteúdo caso o nível de atenção do utilizador baixar. O segundo contributo, no grupo das ações no conteúdo fora do foco da atenção ou meditação (Ilustração 25), sugere a determinação da publicidade *retargeting*<sup>26</sup> que aparece ao utilizador, tendo em conta a atenção deste na altura em que visitou a página que agora lhe é sugerida. Estes dois exemplos, pela sua originalidade, refletem o objetivo da criação deste *design space*, que se pretende inovador e abrangente.

---

<sup>26</sup> Uma técnica de publicidade online que atua sob os utilizadores, incidindo sobre as suas ações passadas na Internet.

#### 4 Conclusões e trabalho futuro

Ao longo dos capítulos que foram dando forma a esta investigação, foi possível descrever o contributo que este pretende assegurar para um espaço estruturado de *design*, assente em parâmetros específicos, e sustentado por uma investigação teórica concisa e direcionada. Consciente de que a tecnologia que envolve esta dissertação é ainda algo ambígua, aberta a diversos tipos de discussão e análise, foi importante garantir sempre uma sustentação sólida para cada decisão tomada, de forma a respeitar o âmbito científico, sem nunca descurar a perspectiva experimentalista e desafiadora.

Durante cerca de nove meses foi desenvolvido um estudo que se pretendia sólido, definido sobre uma base de investigação séria, mas fundamentalmente pragmática. Diversos casos de estudo, artigos e projetos abordam as ICC a partir de um patamar muitas vezes concetual, dificultando a análise deste paradigma do ponto vista prático ou mesmo funcional. Este fascínio, dificultou a organização de um tema de projeto que se adequasse às diversas variáveis habitualmente presentes a este nível de investigação, obrigado a uma pesquisa profunda sobre o tema, a sua tecnologia, mas fundamentalmente a sua interação com o Homem.

Tal como já foi referido, a investigação teórica foi um ponto-chave desta investigação. Apesar da sua forte incidência sobre o primeiro semestre do ano letivo, que possibilitou não só um conhecimento mais cabal do paradigma, mas também um conhecimento mais profundo dos dispositivos e tecnologias desenvolvidas, a necessidade de sustentação manteve-se ao longo dos meses, e durante as diversas fases de desenvolvimento. Esta atitude representou uma tentativa de manter esta investigação o mais focada possível nos seus objetivos e datas propostas. É um documento bastante sustentado na pesquisa teórica, é certo, mas dado o atual panorama sobre esta tecnologia, esta foi a atitude necessária.

No estado da arte realizado destaca-se as áreas que suportaram o desenvolvimento do projeto proposto, com maior incidência para a ICC. Esta é uma área que necessitava ser analisada com detalhe, abrindo espaço de conhecimento para a sua história, as suas características, aplicabilidade e tecnologias utilizadas. Foi necessário explicar o conceito, as suas áreas de aplicação, a metodologia em torno da medição da atividade cerebral e as diversas ondas registadas. Os primeiros projetos, e a evolução do paradigma, associado à própria computação.

Mas a contextualização teórica não ficou por aqui. Tendo sido adquiridos os conhecimentos sobre este paradigma, foi ainda necessário posicionar a sua importância no amplo conceito da interação homem-computador. Quais os contributos da interação cérebro-computador para o diversificado universo da IHC, as diferentes tipologias, a importância da adaptação da interface mediante os dados fisiológicos obtidos e os projetos desenvolvidos nesse sentido. E é a partir deste tema se discutem as outras duas tipologias de interfaces presentes no estado da arte. As interfaces adaptativas e de atenção, apesar de serem investigadas em secções distintas, partilham entre si, neste projeto, a transversalidade do paradigma ICC no contexto da interação homem-computador. O seu potencial, a análise do comportamento humano no apoio à execução de tarefas, não só físicas como mentais, permitem uma sustentação adequada ao capítulo seguinte e à execução de um projeto estruturado e ancorado nestas premissas. Contudo, e dada importância do conceito de *design space* para o projeto proposto, o Capítulo 2 serviu ainda para contextualizar a motivação, os autores e as variáveis presentes

neste espaço concetual de design e a sua importância para o contributo de desenvolvimento de páginas, aplicações e interações que utilizam a ICC no contexto do processo de desenho para a web, ancoradas na reunião dos conceitos de interação que definem o Web Design.

Esta foi a base para o Capítulo 3: o desenvolvimento de provas de conceito que reunissem as características das tipologias de interfaces analisadas, no contexto da ICC. No entanto, e beneficiando da fase ainda embrionária desta tecnologia, foi aproveitada a oportunidade para desenvolver um *design space* que permitisse agregar novas ideias em torno do conceito do projeto: a introdução de interfaces cérebro-computador no desenho de páginas web. Neste sentido, foram realizadas reuniões de brainstorming e experiências com utilizadores que permitiram dar corpo a este espaço concetual de *design*, possibilitando ainda a estruturação das diversas ideias em diferentes domínios, tendo em conta as suas características, e de onde se destacam os seguintes grupos: “ações no conteúdo dentro do foco da atenção e meditação” e “ações no conteúdo fora do foco da atenção e meditação”.

Assim, é possível afirmar que o projeto desenvolvido atingiu os objetivos propostos, servindo essencialmente como ponto de partida para aplicação de interfaces cérebro-computador no domínio do desenvolvimento de páginas e interações para a web, numa tentativa de contribuir com um conceito que poderá introduzir a medição de dados fisiológicos na experiência do utilizador.

No entanto, este ciclo não encerra aqui. As ideias recolhidas, bem como a fase de desenvolvimento das provas de conceito, permitiram levantar algumas questões que deverão ser objecto de análise para o futuro. Quais os níveis padrão de atenção/meditação do utilizador durante a navegação de páginas web? Será esta a forma mais precisa de analisar esses valores? Qual o contributo das interfaces cérebro-computador no domínio do Web Design, para o neuromarketing digital, por exemplo? Como levar este conceito para o desenho de interfaces e dispositivos móveis e, conseqüentemente, outros contextos de uso? Dado o projeto desenvolvido, poderá este conceito abrir novos caminhos à criação de novas heurísticas cada vez mais conscientes dos hábitos e necessidades do utilizador?

Estas foram algumas das perguntas que elevam a curiosidade e ajudam a abrir a discussão em torno desta investigação. Pretende-se assim que este seja um contributo sério e a rampa de lançamento para novos tópicos de investigação, não só nas interfaces cérebro-computador, bem como nas áreas que gravitam em torno da IHC. Daqui se espera que este seja mais um passo para a evolução da tecnologia, mas principalmente do cérebro e da mente humana.

## Referências e Bibliografia

- Adelson, M., & Schapire, R. (2011). Emotiv Experimenter. *Compmem.princeton.edu*. Retrieved from <http://compmem.princeton.edu/experimenter/ExperimenterReport.pdf>
- Anderson, C., Devulapalli, S., & Stolz, E. (1995). Determining mental state from EEG signals using parallel implementations of neural networks. *Scientific Programming*, 1–18. Retrieved from <http://iospress.metapress.com/index/10kk81326751964r.pdf>
- Asteriadis, S., Tzouveli, P., Karpouzis, K., & Kollias, S. (2008). Estimation of behavioral user state based on eye gaze and head pose—application in an e-learning environment. *Multimedia Tools and Applications*, 41(3), 469–493. doi:10.1007/s11042-008-0240-1
- Babiloni, C.; Pizzella, V.; Gratta, C.D.; Ferretti, A.; Romani, G.L.; Fundamentals of Electroencefalography, Magnetoencefalography, and Functional Magnetic Resonance Imaging. In *Brain Machine Interfaces for Space Applications*; Luca, R., Dario, I., Leopold, S., Eds.; Academic Press: New York, NY, USA, 2009; Volume 86, pp. 67–80
- Baillet, S., Mosher, J., & Leahy, R. (2001). Electromagnetic brain mapping. *Signal Processing Magazine*, ..., (November). Retrieved from [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=962275](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=962275)
- Bayliss, J., & Ballard, D. (2000). A virtual reality testbed for brain-computer interface research. *Rehabilitation Engineering, IEEE* .... Retrieved from [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=847811](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=847811)
- Becker, H., Meek, C., & Chickering, D. (2007). Modeling contextual factors of click rates. *AAAI*. Retrieved from <http://www.aaai.org/Papers/AAAI/2007/AAAI07-207.pdf>
- Benyon, D.R., Murray, D.M., 1993. Applying user modeling in human– computer interaction design. *Artificial Intelligence Review* 6 (3), 43–69
- Berka, C., Pojman, N., Trejo, J., & Coyne, J. (2010). Neurogaming: Merging Cognitive Neuroscience & Virtual Simulation in an Interactive Training Platform. *1st International Conference* .... Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:NeuroGaming+:+Merging+Cognitive+Neuroscience+&+Virtual+Simulation+in+an+Interactive+Training+Platform#0>
- Bernays, R., Mone, J., Yau, P., Murcia, M., Gonzalez-sanchez, J., Chavez-echeagaray, E., ... Avenue, M. (2010). Lost in the Dark : Emotion Adaption, 3–4.
- Birbaumer N, Hinterberger T, Kubler A, Neumann N (2003) The thought-translation device (TTD): Neurobehavioral mechanisms and clinical outcome. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 11(2):120–123
- Birbaumer, N. (2006). Breaking the silence: brain-computer interfaces (BCI) for communication and motor control. *Psychophysiology*, 43(6), 517–32. doi:10.1111/j.1469-8986.2006.00456.x

- Blankertz, B., & Schäfer, C. (2002). Single trial detection of EEG error potentials: A tool for increasing BCI transmission rates. *Artificial Neural Networks— ...*. Retrieved from [http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-46084-5\\_184](http://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-46084-5_184)
- Blankertz B, Krauledat M, Dornhege G, Williamson J, Murray-Smith R, Müller K-R (2007) A note on brain actuated spelling with the Berlin brain-computer interface. In: Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). LNCS, vol 4555. Springer, Berlin, pp 59–768. (Part 2)
- Bos, D. O., & Reuderink, B. (2008). Brainbasher: a bci game, 7–10. Retrieved from <http://doc.utwente.nl/65050/>
- Bossetti, C.A.; Carmena, J.M.; Nicoletti, M.A.L.; Wolf, P.D. Transmission latencies in a telemetry-linked brain-machine interface. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 2004, 51, 919–924
- Bunt, A., Conati, C., McGrenere, J., 2004. What role can adaptive support play in an adaptable system? In: Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent User Interfaces, Funchal, Madeira, Portugal, 13–16
- Cajochen, C., Kräuchi, K., von Arx, M. a, Möri, D., Graw, P., & Wirz-Justice, a. (1996). Daytime melatonin administration enhances sleepiness and theta/alpha activity in the waking EEG. *Neuroscience Letters*, 207(3), 209–13. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8728487>
- Chanel, G., Kronegg, J., Grandjean, D., & Pun, T. (2006). Emotion assessment: Arousal evaluation using EEG's and peripheral physiological signals. ... , *Classification and Security*. Retrieved from [http://link.springer.com/chapter/10.1007/11848035\\_70](http://link.springer.com/chapter/10.1007/11848035_70)
- Chen, D., & Vertegaal, R. (2004). Using mental load for managing interruptions in physiologically attentive user interfaces. *Extended Abstracts of the 2004 Conference on Human Factors and Computing Systems - CHI '04*, 1513. doi:10.1145/985921.986103
- Cheng, M., Gao, X., Gao, S., & Xu, D. (2002). Design and implementation of a brain-computer interface with high transfer rates. *IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering*, 49(10), 1181–6. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12374343>
- Clanton, S., Laws, J., & Matsuoka, Y. (2005). Determination of the arm orientation for brain-machine interface prosthetics. *ROMAN 2005. IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2005.*, 422–426. doi:10.1109/ROMAN.2005.1513815
- Curry, I.G., 1998. An analysis of initiative selection in collaborative task- oriented discourse. *User Modeling and User Adapted Interaction* 8 (3–4), 255–314
- Cutrell, E., & Tan, D. (2008). BCI for passive input in HCI. *Proceedings of CHI*, 1–3. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.160.3241&rep=rep1&type=pdf>

- Cyr, Dianne (2013): Emotion and website design. In: Soegaard, Mads and Dam, Rikke Friis (eds.). "The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed.". Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation. Available online at [http://www.interaction-design.org/encyclopedia/emotion\\_and\\_website\\_design.html](http://www.interaction-design.org/encyclopedia/emotion_and_website_design.html)
- Daly, J. J., & Wolpaw, J. R. (2008). Brain-computer interfaces in neurological rehabilitation. *Lancet Neurology*, 7(11), 1032–43. doi:10.1016/S1474-4422(08)70223-0
- Davenport, T., & Beck, J. (2001). *The attention economy: Understanding the new currency of business*. Retrieved from [http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=FuuKd3on9psC&oi=fnd&pg=PR12&dq=The+attention+economy:+understanding+new+currency+of+business&ots=RKXKEwY3Yy&sig=lqSi7bSDmPbC\\_JSdm0g6QBukY-g](http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=FuuKd3on9psC&oi=fnd&pg=PR12&dq=The+attention+economy:+understanding+new+currency+of+business&ots=RKXKEwY3Yy&sig=lqSi7bSDmPbC_JSdm0g6QBukY-g)
- deCharms, R. C.(2008) Applications of real-time fMRI. *Nat. Rev. Neurosci.* 9, 720–729
- deCharms, R.C.; Christoff, K.; Glover, G.H.; Pauly, J.M.; Whitfield, S.; Gabrieli, J.D.E. Learned regulation of spatially localized brain activation using real-time fMRI. *Neuroimage* 2004, 21, 436–443
- Dernoncourt, F. (2012). Replacing the computer mouse. Retrieved from <http://www.franck-dernoncourt.com/doc/mouse2012.pdf>
- Dieterich, H., Malinowski, U., Kuhme, T., Schneider-Hufschmidt, M., 1993. State of the art in adaptive user interfaces. In: Schneider- Hufschmidt, M., Kuhme, T., Malinowski, U. (Eds.), *Adaptive User Interfaces Principles and Practice*. Elsevier Science Publishers B.V, pp. 13–48
- Donchin, E., Spencer, K. M., & Wijesinghe, R. (2000). The mental prosthesis: assessing the speed of a P300-based brain-computer interface. ... , *IEEE Transactions on*, 8(2), 174–179. Retrieved from [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=847808](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=847808)
- Dongen, K., & Maanen, P. (2005). Designing for dynamic task allocation, (June), 1–7. Retrieved from <http://dare2.uvu.vu.nl/handle/1871/9118>
- Dorneich, M. C., Whitlow, S. D., Ververs, P. M., & Rogers, W. H. (2003). Mitigating cognitive bottlenecks via an augmented cognition adaptive system. *SMC'03 Conference Proceedings. 2003 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. Conference Theme - System Security and Assurance (Cat. No.03CH37483)*, 1, 937–944. doi:10.1109/ICSMC.2003.1243935
- Duffy, F.H., Burchfield, J.L. and Lombroso, C.T. Brain electrical activity mapping (BEAM): a method for extending the clinical use of EEG and evoked potential data. *Ann. Neurol.*, 1979, 5: 309–321
- Ekandem, J. I., Davis, T. a, Alvarez, I., James, M. T., & Gilbert, J. E. (2012). Evaluating the ergonomics of BCI devices for research and experimentation. *Ergonomics*, 55(5), 592–8. doi:10.1080/00140139.2012.662527



- Esfahani, E. T., & Sundararajan, V. (2012). Classification of primitive shapes using brain-computer interfaces. *Computer-Aided Design*, 44(10), 1011–1019. doi:10.1016/j.cad.2011.04.008
- Eskandari P, Erfanian A (2008) Improving the performance of brain-computer interfaces through meditation practicing. Paper presented at the Engineering in Medicine and Biology Society
- Farwell, L. a, & Donchin, E. (1988). Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 70(6), 510–23. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2461285>
- Ferrez, P. W., & del R Millan, J. (2008). Error-related EEG potentials generated during simulated brain-computer interaction. *IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering*, 55(3), 923–9. doi:10.1109/TBME.2007.908083
- Findlater, L., Mcgrenere, J., 2004. A comparison of static, adaptive, and adaptable menus. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, USA, 89–96
- Fitts, P. (1951). Human engineering for an effective air-navigation and traffic-control system. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1952-01751-000>
- Fonseca, C., Silva Cunha, J. P., Martins, R. E., Ferreira, V. M., Marques de Sá, J. P., Barbosa, M. a, & Martins da Silva, a. (2007). A novel dry active electrode for EEG recording. *IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering*, 54(1), 162–5. doi:10.1109/TBME.2006.884649
- Gajos, K.Z., Czerwinski, M., Tan, D.S., Weld, D.S., 2006. Exploring the design space for adaptive graphical user interfaces. In: Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces, New York, NY, USA, 201–208
- Gajos, K.Z., Everitt, K., Tan, D.S., Czerwinski, M., Weld, D.S., 2008. Predictability and accuracy in adaptive user interfaces. In: Proceeding of the Twenty-sixth Annual SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, USA, 1271–1274
- Gargiulo, G., Calvo, R. a, Bifulco, P., Cesarelli, M., Jin, C., Mohamed, A., & van Schaik, A. (2010). A new EEG recording system for passive dry electrodes. *Clinical Neurophysiology : Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 121(5), 686–93. doi:10.1016/j.clinph.2009.12.025
- Gerson, A. D., Parra, L. C., & Sajda, P. (2006). Cortically coupled computer vision for rapid image search. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering : A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 14(2), 174–9. doi:10.1109/TNSRE.2006.875550
- Gopher D, Donchin E (1986) Workload—An examination of the concept. In: Boff K, Kaufman L, Thomas J (eds) Handbook of Perception and Human Performance, vol 41(1).Wiley, New York, pp 41–49

- Gonzalez-Sanchez, J., Christopherson, R. M., Chavez-Echeagaray, M. E., Gibson, D. C., Atkinson, R., & Burleson, W. (2011). How to Do Multimodal Detection of Affective States? *2011 IEEE 11th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 654–655. doi:10.1109/ICALT.2011.206
- Grimes, D., Tan, D. S., Hudson, S. E., Shenoy, P., & Rao, R. P. N. (2008). Feasibility and pragmatics of classifying working memory load with an electroencephalograph *Proceeding of the Twenty-Sixth Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '08*, 835. doi:10.1145/1357054.1357187
- Hinckley, K., Pierce, J., Sinclair, M., & Horvitz, E. (2000). Sensing techniques for mobile interaction. In *Proceedings ACM UIST 2000 symposium on user interface software and technology*, San Diego, CA
- Hook, K., 1999. Designing and evaluating intelligent user interfaces. In: *Proceedings of the International Conference on Intelligent User Interface*, Los Angeles, CA, USA, 5–6
- Horvitz, E., Kadie, C., Paek, T., & Hovel, D. (2003). Models of attention in computing and communication: From principles to applications. *Communications of the ACM*, 46(3), 52–59
- Hyrskykari, A., Majaranta, P., Aaltonen, A., & Raïiha , K.-J. (2000). Design issues of idict: A gaze-assisted translation aid. In *Proceedings ETRA 2000, eye tracking research and applications symposium*, Palm Beach Gardens, FL
- Iturrate, I., Antelis, J., Kubler, A., & Minguez, J. (2009). Non-Invasive Brain-Actuated Wheelchair Based on a P300 Neurophysiological Protocol and Automated Navigation, 1–14
- Jameson, A., 2003. Adaptive Interfaces and Agents. In: Jacko, J.A., Sears, A. (Eds.), *Human-Computer Interface Handbook*. Erlbaum, Mahwah, NJ, pp. 305–330
- Jackson, M. M., Mappus, R. (2010). Applications for Brain-Computer Interfaces. In *Brain-Computer Interfaces: Applying our minds to human-computer interaction*. Springer
- Jasper, H.H. The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1958, 10, 371–375
- Jatzev S, Zander TO, DeFilippis M, Kothe C, Welke S, Rötting M (2008) Examining causes for non-stationarities: The loss of controllability is a factor which induces non-stationarities. In: *Proceedings of the 4th Int BCI Workshop & Training Course*, Graz University of Technology. Publishing House, Graz, Austria
- Kapoor, A., & Shenoy, P. (2008). Combining brain computer interfaces with vision for object categorization. *2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1–8. doi:10.1109/CVPR.2008.4587618
- Kauhanen, L., & Nykopp, T. (2006). EEG and MEG brain-computer interface for tetraplegic patients. *Neural Systems and ...*, 14(2), 1–5. Retrieved from [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=1642766](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1642766)

- Keeble, R.J., Macredie, R.D., 2000. Assistant agents for the world wide web: intelligent interface design challenges. *Interacting With Computers* 12 (4), 357–381
- Kelly, S., & Lalor, E. (2005). Visual spatial attention tracking using high-density SSVEP data for independent brain-computer communication. *Neural Systems and ...*, 13(2), 172–178. Retrieved from [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=1439542](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1439542)
- Kennedy, P. R., Bakay, R. a, Moore, M. M., Adams, K., & Goldwaithe, J. (2000). Direct control of a computer from the human central nervous system. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering : A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 8(2), 198–202. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10896186>
- Knoll, A., Wang, Y., Chen, F., Xu, J., Ruiz, N., Epps, J., & Zarjam, P. (2011). Measuring cognitive workload with low-cost electroencephalograph. In *Interact'11* (pp. 568–571). doi:10.1007/978-3-642-23768-3
- Kobsa, A., Koeneman, J., Wolfgang, P., 2001. Personalized hypermedia presentation techniques for improving online customer relationships. *The Knowledge Engineering Review* 6 (2), 111–155
- Kohlmorgen, J., & Dornhege, G. (2007). Improving human performance in a real operating environment through real-time mental workload detection. *Toward Brain- ...*. Retrieved from <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=V88swGX83ecC&oi=fnd&pg=PA409&dq=Improving+Human+Performance+in+a+Real+Operating+Environment+through+Real-Time+Mental+Workload+Detection&ots=mW3BtvaO8X&sig=amMjLZv7hg-l4Rm3vTEivo1sT6Y>
- KR, P., Kumar, K., & Thakur, M. (2013). Brain Wave as an Input Device-New Approach to Control Digital Devices. *International Conference on ...*, 901–903. Retrieved from <http://www.icmis.net/icmis13cd/pdf/T3122-done.pdf>
- Krepki, R., Blankertz, B., Curio, G., & Müller, K.-R. (2007). The Berlin Brain-Computer Interface (BBCI) – towards a new communication channel for online control in gaming applications. *Multimedia Tools and Applications*, 33(1), 73–90. doi:10.1007/s11042-006-0094-3
- Kruse, A., & Schmorow, D. (2005). *Foundations of augmented cognition. Foundations of Augmented Cognition*. doi:10.1007/978-3-540-73216-7
- Kuhme, T., 1993. A user-centered approach to adaptive interfaces. In: *Proceedings of the International Conference on Intelligent User Interfaces*, Orlando Florida, 243–245
- Lal, T., Schröder, M., & Hill, N. (2005). A brain computer interface with online feedback based on magnetoencephalography. *Proceedings of the ...*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1102410>
- Lavie, T., & Meyer, J. (2010). Benefits and costs of adaptive user interfaces. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(8), 508–524. doi:10.1016/j.ijhcs.2010.01.004

- Lee, J. C., & Tan, D. S. (2006). Using a low-cost electroencephalograph for task classification in HCI research. *Proceedings of the 19th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST '06*, 81. doi:10.1145/1166253.1166268
- Lee, J., Ryu, J., Jolesz, F., Cho, Z., & Yoo, S. (2009). Brain-machine interface via real-time fMRI: preliminary study on thought-controlled robotic arm. *Neuroscience Letters*, 450(1), 1–6. doi:10.1016/j.neulet.2008.11.024.Brain
- Logothetis, N.K.; Pauls, J.; Augath, M.; Trinath, T.; Oeltermann, A. Neurophysiological investigation of the basis of the fMRI signal. *Nature* 2001, 412, 150–157
- Lotte, F., Congedo, M., Lécuyer, a, Lamarche, F., & Arnaldi, B. (2007). A review of classification algorithms for EEG-based brain-computer interfaces. *Journal of Neural Engineering*, 4(2), R1–R13. doi:10.1088/1741-2560/4/2/R01
- MacLean, A., & Young, R. (1991). Questions, options, and criteria: Elements of design space analysis. *Human-computer ...* Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07370024.1991.9667168>
- Mason, S. G., & Birch, G. E. (2003). A general framework for brain-computer interface design. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering: A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 11(1), 70–85. doi:10.1109/TNSRE.2003.810426
- Matsuoka, Y., Afshar, P., & Oh, M. (2006). On the design of robotic hands for brain-machine interface. *Neurosurgical Focus*, 20(5), E3. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16711660>
- McCrickard, D. S., Catrambone, R., Chewar, C. M., & Stasko, J. T. (2003).& Establishing tradeoffs that leverage attention for utility: Empirically evaluating information display in notification systems. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58(5), 547–582.
- McCrickard, D. S., & Chewar, C. M. (2003). Attuning notification design to user goals and attention costs. *Communications of the ACM*, 46(3), 67–72.
- McCrickard, D. S., Czerwinski, M., & Bartram, L. (2003). Introduction: design and evaluation of notification user interfaces. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58(5), 509–514.
- Mellinger, J., Schalk, G., Braun, C., & Preissl, H. (2007). An MEG-based brain-computer interface (BCI). *Neuroimage*, 36(3), 581–593. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811907002261>
- Miranda, E., & Brouse, A. (2005). Plymouth brain-computer music interface project: Intelligent assistive technology for music-making. ... *Computer Music ...*, (Figure 2). Retrieved from [http://cmr.soc.plym.ac.uk/publications/MirandaBBH\\_BCMI\\_ICMC.pdf](http://cmr.soc.plym.ac.uk/publications/MirandaBBH_BCMI_ICMC.pdf)
- Moench, T.; Hollmann, M.; Grzeschik, R.; Mueller, C.; Luetzkendorf, R.; Baecke, S.; Luchtmann, M.; Wagegg, D.; Bernarding, J. Real-Time Classification of Activated Brain Areas for fMRI-Based Human-Brain-Interfaces; Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers: Bellingham, WA, USA, 2008

- Moore, Jackson M. (2008). Direct brain interfaces for healing games. Paper presented at the SIGCHI 2008 Brain-Computer Interface Workshop
- Müller, K.-R., Tangermann, M., Dornhege, G., Krauledat, M., Curio, G., & Blankertz, B. (2008). Machine learning for real-time single-trial EEG-analysis: from brain-computer interfacing to mental state monitoring. *Journal of Neuroscience Methods*, 167(1), 82–90. doi:10.1016/j.jneumeth.2007.09.022
- Neurosky. (2009). Brain Wave Signal ( EEG ) of Neurosky, Inc.
- Neurosky. (2011). MindWave User Guide.
- Nijholt, a., & Tan, D. (2008). Brain-Computer Interfacing for Intelligent Systems. *IEEE Intelligent Systems*, 23(3), 72–79. doi:10.1109/MIS.2008.41
- Nijholt, A., Bos, D. P.-O., & Reuderink, B. (2009). Turning shortcomings into challenges: Brain–computer interfaces for games. *Entertainment Computing*, 1(2), 85–94. doi:10.1016/j.entcom.2009.09.007
- Nijholt, A., Erp, J. van, & Heylen, D. (2008). BrainGain: BCI for HCI and Games, 32–35. Retrieved from <http://eprints.eemcs.utwente.nl/12172/>
- Park, N., Zhu, W., Jung, Y., McLaughlin, M., & Jin, S. (2005). Utility of haptic data in recognition of user state. *Proceedings of HCI ...*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.105.7687&rep=rep1&type=pdf>
- Pfurtscheller, G., Leeb, R., Keinrath, C., Friedman, D., Neuper, C., Guger, C., & Slater, M. (2006). Walking from thought. *Brain Research*, 1071(1), 145–52. doi:10.1016/j.brainres.2005.11.083
- Pfurtscheller, J., Rupp, R., Müller, G. R., Fabsits, E., Korisek, G., Gerner, H. J., & Pfurtscheller, G. (2005). Functional electrical stimulation instead of surgery? Improvement of grasping function with FES in a patient with C5. *Der Unfallchirurg*, 108(7), 587–90. doi:10.1007/s00113-004-0876-x
- Pike, M., & Wilson, M. (2012). CUES: Cognitive Usability Evaluation System. *2nd European Workshop ...*, 1–4. Retrieved from <http://red.cs.nott.ac.uk/~mlw/EuroHCIR2012/poster5.pdf>
- Posner, M., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and Performance X: Control of ...*. Retrieved from <http://psy2.ucsd.edu/~dhuber/Posner+Cohen1984.pdf>
- Roda, C., & Thomas, J. (2006). Attention aware systems: Theories, applications, and research agenda. *Computers in Human Behavior*, 22(4), 557–587. doi:10.1016/j.chb.2005.12.005
- Rosas-Cholula, G., Ramirez-Cortes, J. M., Alarcon-Aquino, V., Martinez-Carballido, J., & Gomez-Gil, P. (2010). On Signal P-300 Detection for BCI Applications Based on Wavelet Analysis and ICA Preprocessing. *2010 IEEE Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference*, 360–365. doi:10.1109/CERMA.2010.48

- Rayner, K. (1995). Eye movements and cognitive processes in reading, visual search, and scene perception. In J. M. Findlay, R. Walker, & R. W. Kentridge (Eds.), *Eye movement research: Mechanisms, processes and application* (pp. 3–21). New York: Elsevier
- Rothrock, L., Koubek, R., Fuchs, F., Haas, M., & Salvendy, G. (2002). Review and reappraisal of adaptive interfaces: Toward biologically inspired paradigms. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(1), 47–84. doi:10.1080/14639220110110342
- Rötting M, Zander T, Trösterer S, Dzaack J (2009) Implicit interaction in multimodal human-machine systems. In: Schlick C (ed) *Methods and Tools of Industrial Engineering and Ergonomics*. Springer, Berlin
- Sabra, N., & Wahed, M. (2011). The use of MEG-based brain computer interface for classification of wrist movements in four different directions. *Radio Science Conference (NRSC)*, ..., (Nrsc). Retrieved from [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5873644](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5873644)
- Schiaffino, S., Amandi, A., 2004. User interface agent interaction: personalization issues. *International Journal of Human-Computer Studies* 60 (1), 129–148
- Schmidt, E., & Kincses, W. (2009). Assessing driver's vigilance state during monotonous driving. ... *Factors in Driver ...*, 138–145. Retrieved from [http://www.researchgate.net/publication/202066221\\_Assessing\\_Drivers'\\_Vigilance\\_State\\_During\\_Monotonous\\_Driving/file/50463517fd38d89f98.pdf](http://www.researchgate.net/publication/202066221_Assessing_Drivers'_Vigilance_State_During_Monotonous_Driving/file/50463517fd38d89f98.pdf)
- Sears, A., Shneiderman, B., 1994. Split menus: effectively using selection frequency to organize menus. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 1 (1), 27–51
- Sheridan, T. B. (2000). Function allocation: algorithm, alchemy or apostasy? *International Journal of Human-Computer Studies*, 52(2), 203–216. doi:10.1006/ijhc.1999.0285
- Shneiderman, B., 1997. Direct manipulation for comprehensible, predictable and controllable user interface. In: *Proceedings of the 1997 International Conference on Intelligent User Interfaces*. ACM Press
- Simons, D. J., & Rensink, R. A. (2005). Change blindness: past, present, and future. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(1), 16–20
- Swartz, B. E. (1998). The advantages of digital over analog recording techniques. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 106(2), 113–7. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9741771>
- Szafir, D., & Mutlu, B. (2012). Pay attention!: designing adaptive agents that monitor and improve user engagement. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human ...*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2207679>
- Taheri, B.A.; Knight, R.T.; Smith, R.L. A dry electrode for EEG recording. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1994, 90, 376–383
- Tan, D. (2006). Brain-computer interfaces: Applying our minds to human-computer interaction. Paper presented at the ACM SIGCHI—Workshop

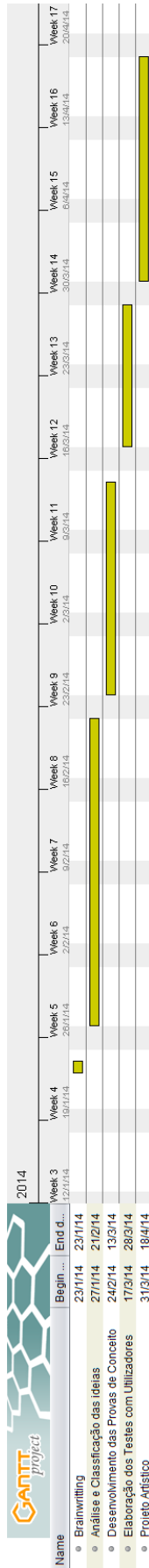
- Tan, D., & Nijholt, A. (2010). *Brain-Computer Interfaces: applying our minds to human-computer interaction*. Retrieved from [http://www.biomaterial.lipi.go.id/ilkomers2010materi/SEMESTER II/IMK/referensi/Brain-Computer Interfaces\\_1849962715.pdf](http://www.biomaterial.lipi.go.id/ilkomers2010materi/SEMESTER%20II/IMK/referensi/Brain-Computer%20Interfaces_1849962715.pdf)
- Tidwell, J. (2011). *Designing interfaces* (2nd Edition ed.). Sebastopol, CA: O'Reilly
- Trumbly, J.E., Arnett, K.P., Johnson, P.C., 1994. Productivity gains via an adaptive user interface: an empirical analysis. *International Journal of Human-Computer Studies* 40 (1), 63–81
- Tsandilas, T., Schraefel, M.C., 2005. An empirical assessment of adaptation techniques. CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, USA, 2009–2012
- Tschimmel, K. (2011). *Processos Criativos - A emergência de ideias na perspectiva sistémica da criatividade*. Porto: Edições ESAD
- Vallabhaneni, A., Wang, T., & He, B. (2005). Brain—Computer Interface. *Neural Engineering*. Retrieved from [http://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-48610-5\\_3](http://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-48610-5_3)
- Vaughan TM, McFarland DJ, Schalk G, Sarnacki W, Robinson L, Wolpaw JR (2001) EEG-based brain-computer interface: Development of a speller. Paper presented at the Society for Neuroscience
- Vertegaal, R. (1999). The gaze groupware system: mediating joint attention in multiparty communication and collaboration. In *Proceedings SIGCHI conference on human factors in computing systems*, Pittsburgh, PA, United States
- Vertegaal, R. (2002). Designing attentive interfaces. *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research & Applications - ETRA '02*, 23. doi:10.1145/507075.507077
- Vertegaal, R., & Ding, Y. (2002). Explaining effects of eye gaze on mediated group conversations: Amount or synchronization? In *Proceedings of CSCW 2002*. New Orleans: ACM Press
- Vertegaal, R., Shell, J. S., Chen, D., & Mamuji, A. (2006). Designing for augmented attention: Towards a framework for attentive user interfaces. *Computers in Human Behavior*, 22(4), 771–789. doi:10.1016/j.chb.2005.12.012
- Vertegaal, R., Slagter, R., Van der Veer, G., & Nijholt, A. (2001). Eye gaze patterns in conversations: There is more to conversational agents than meets the eyes. In *Proceedings of CHI 2001* (pp. 301–308). Seattle: ACM Press
- Waldert, S.; Pistohl, T.; Braun, C.; Ball, T.; Aertsen, A.; Mehring, C. A review on directional information in neural signals for brain-machine interfaces. *J. Physiol. Paris* 2009, 103, 244–254
- Weiskopf, N., Mathiak, K., Bock, S. W., Scharnowski, F., Veit, R., Grodd, W., ... Birbaumer, N. (2004). Principles of a brain-computer interface (BCI) based on real-time functional

magnetic resonance imaging (fMRI). *IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering*, 51(6), 966–70. doi:10.1109/TBME.2004.827063

- Whitworth, Brian and Ahmad, Adnan (2013): Socio-Technical System Design. In: Soegaard, Mads and Dam, Rikke Friis (eds.). "The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed.". Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation. Available online at [http://www.interaction-design.org/encyclopedia/socio-technical\\_system\\_design.html](http://www.interaction-design.org/encyclopedia/socio-technical_system_design.html)
- Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., Heetderks, W. J., McFarland, D. J., Peckham, P. H., Schalk, G., ... Vaughan, T. M. (2000). Brain-computer interface technology: a review of the first international meeting. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering : A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 8(2), 164–73. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10896178>
- Yildirim, N., & Varol, A. (2013). Developing Educational Game Software Which Measures Attention and Meditation with Brainwaves: Matching Mind Math. *Asafvarol.com*, 325–332. Retrieved from <http://asafvarol.com/makaleler/NilayYAsafV.pdf>
- Zander, T., Kothe, C., Jatzev, S., & Gaertner, M. (2010). Enhancing human-computer interaction with input from active and passive brain-computer interfaces. *Brain-Computer Interfaces*. Retrieved from [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84996-272-8\\_11](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84996-272-8_11)
- Zhai, S. (2003). What's in the eyes for attentive input. *Communications of the ACM*, 46(3), 34–39



APÊNDICE A



## APÊNDICE B

### Brainwriting & Brainsketching

## Design Space de Interfaces Cérebro-Computador para a web

# Planeamento

---

- 10min (máx.) Pequena introdução à reunião e objetivos do processo
- 10-20min Começar a produção de ideias com introdução de um estímulo anteriormente preparado (protótipos). Se o processo estiver mais parado, apresentar novo estímulo.
- 10min Com a parede cheia, descolar os post-its e pedir aos participantes para os agrupar por elementos afetos a alterações (imagens, textos/carateres, vídeo, links, mensagens, som)
- 5min Voltar a colocar os post-its no gráfico, dispostos pela sua importância
- 15min Intervalo de 15min para incubação das ideias
- 10min Continuar com a avaliação, ou seja, retirar os post-its (ideias) menos interessantes até o grupo não querer descolar mais nenhum.

**Material já recolhido:** Post-its (grandes), marcadores, bloco liso A2

## APÊNDICE C

