

Recolha e Tratamento de Dados Biométricos para a Classificação de Emoções

Jorge Filipe Pinheiro Guerra de Ribeiro Teixeira

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Presidente do Júri

Orientadores:

Luís Paulo Reis

Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Investigador do LIACC – Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores

Vasco Vinhas

Assistente Convidado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Investigador do LIACC – Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores

Porto, Março de 2008

Agradecimentos

Gostaria de deixar aqui registado os meus sinceros agradecimentos:

À minha namorada pelo apoio incondicional
que me deu ao longo de todo este tempo, um
eterno obrigado.

Ao meu irmão pela paciência e afecto dados
sem qualquer hesitação, nos bons e maus
momentos.

Aos meus pais pela sempre presente ajuda e
incentivo.

Ao Vasco, um Grande amigo.

A todos os que participaram nas sessões
experimentais, pois sem eles este trabalho não
teria sido possível de se realizar.

Ao LIACC em particular, pelo apoio dado ao
nível investigacional, à FEUP no geral pelo
fantástico percurso académico disponibilizado e
aos orientadores pela revisão final deste trabalho.

À família e amigos, sempre.

Resumo

A identificação e classificação dos estados emocionais em humanos fazem parte de um dos objectivos primordiais da investigação científica em áreas tão diversas como a inteligência artificial, a medicina ou a psicologia.

A motivação deste trabalho insere-se no desafio de interpretar alguns dos estados emocionais humanos com base na recolha e tratamento de dados biométricos. A captura deste tipo de dados é realizada com recurso a dispositivos diversos, dos quais se destacam o electroencefalograma, o oxímetro e o medidor da condutividade da pele.

Partindo da aquisição dos sinais biométricos através dos três dispositivos referidos, um dos principais objectivos deste estudo assenta na classificação do estado emocional do sujeito de teste. Essa classificação é elaborada com base em mecanismos de indução emocional pré-estabelecidos e em métodos e ferramentas de análise e processamento de dados especificamente desenvolvidas no âmbito deste estudo.

Na sequência das sessões experimentais constituídas por uma amostra previamente seleccionada tendo como base critérios de inclusão e exclusão, e da aplicação de métodos de análise e processamento de dados, foram exploradas hipóteses relativas a comportamentos padrão dos dados biométricos recolhidos face a um dado estado emocional.

A definição e desenvolvimento de uma plataforma capaz da gestão dos dados capturados pelos dispositivos biométricos serviram como base à criação de uma ferramenta de classificação automática do estado emocional do sujeito, cuja taxa de sucesso resultante face às informações fornecidos pelos sujeitos-teste cifrou-se na ordem de 80%.

A partir da análise dos resultados das sessões experimentais realizadas e das ferramentas de apoio desenvolvidas, as conclusões mais pertinentes obtidas referem-se à correlação das actividades cerebrais de alta frequência com os estados emocionais, a constatação de que os sujeitos do sexo feminino são emocionalmente mais activos face aos do sexo masculino e ainda que os métodos de indução emocional usados não foram suficientemente abrangentes para gerar variações significativas do batimento cardíaco.

Abstract

The identification and assessment of human being emotional states belongs to one of the primordial objectives of the scientific research in such disparate areas as the artificial intelligence, the medicine or the psychology.

The motivation for this project is concerned with the challenge of the interpretation of some of the emotional states of humans based on the gathering and analysis of the biometric data. The capture of these data types is developed by the use of a variety of devices, namely the electroencephalograph, the oximeter and the galvanic skin response.

Starting from the biometric data acquisition through the three devices previously referred, one of the main objectives of this project is related to the emotional states assessment of a subject. This assessment is based on predefined mechanisms of emotional induction, as well as specific methods and tools developed for this project that are able to analyze and process the data.

From the experimental sessions constituted by a pre-selected sample, based on inclusion and exclusion criteria, and through the application of methods for the biometric data analysis and processing, there were explored hypothesis related to patron behaviors in concern to a specific emotional state.

The definition and development of a framework capable of managing the data gathered through the biometric devices was the base to the creation of an automatic assessment tool of the emotional state of the subject, which the success rate compared to the information given by the subjects was approximately 80%.

From the experimental results attained by the experimental sessions and through the support tools developed, the most pertinent conclusions obtained referrers to the correlation of the high frequency brain waves with the emotional states, the fact that female subjects are emotionally more active than the male ones and finally that the emotional induction methods were not broad enough to create any significant changes on the heart rate.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Motivação	2
1.3	Objectivos	2
1.4	Estrutura da tese	4
2	Enquadramento Teórico.....	6
2.1	Interface cérebro – computador	6
2.1.1	Metodologias invasivas e não invasivas.....	7
2.1.2	Ondas cerebrais	9
2.2	O estado emocional.....	10
2.3	Activação emocional.....	12
2.4	Soluções de equipamentos	13
2.4.1	Electroencefalograma.....	14
2.4.2	Galvanic Skin Resistance (GSR).....	17
2.4.3	Oxímetro.....	19
2.5	Conclusões	20
3	Arquitectura e Funcionamento Global do Sistema.....	21
3.1	Recolha e difusão dos sinais biométricos	22
3.2	Processamento dos dados biométricos	25
3.3	Classificação dos estados emocionais.....	30
3.4	Interligação das ferramentas de apoio	32
3.5	Conclusões	33
4	Metodologia	34
4.1	Características, técnicas e posicionamento dos eléctrodos do EEG.....	35
4.1.1	International 10-20 Electrode Placement System.....	35
4.1.2	Posicionamento e montagem dos eléctrodos.....	38
4.1.2.1	O ponto de referência ou massa	39
4.1.2.2	Método monopolar versus método bipolar	40
4.1.3	Localização preferencial dos eléctrodos.....	42
4.2	Métodos para a indução de emoções	45
4.2.1	Modelo tripartido de classificação emocional	45
4.2.2	O espaço afectivo.....	47
4.2.3	A biblioteca de imagens IAPS	50
4.3	Requisitos experimentais	52
4.3.1	Seleccção dos Participantes	52
4.3.2	Estruturação das sessões experimentais	55
4.3.3	Seleccção das imagens	56
4.4	Considerações éticas	59
4.5	Política de descarte	61
4.6	Conclusões	65
5	Análise dos Dados.....	66
5.1	Métodos para a análise dos dados.....	66

5.1.1	Decimação e médias ponderadas	67
5.1.2	Remoção de picos	70
5.1.3	Evolução por degraus.....	75
5.1.4	Análise estatística - Clusters	77
5.2	Ferramentas de apoio	82
5.2.1	Protótipo para a classificação dos estados emocionais - EAT	82
5.2.1.1	Interface e funcionalidades da EAT	83
5.2.1.2	Estratégias de desenvolvimento.....	89
5.2.2	GSR control application.....	95
5.2.2.1	Caracterização da ferramenta	95
5.2.2.2	Processamento das tramas	100
5.2.3	Módulos de software adicionais.....	102
5.2.3.1	BioExplorer	103
5.2.3.2	Office Medic	106
5.3	Conclusões	107
6	Resultados.....	108
6.1	Resultados experimentais	108
6.2	Resultados das ferramentas desenvolvidas.....	115
6.3	Conclusões	118
7	Conclusões.....	119
7.1	Síntese do trabalho desenvolvido	119
7.2	Principais resultados e conclusões	119
7.3	Trabalho futuro	122
7.4	Divulgação científica.....	124
	Referências Bibliográficas	126
	Anexos.....	132
	Anexo A – Questionário de Selecção	132
	Anexo B – Texto Introdutório à sessão experimental	133
	Anexo C – Imagens da primeira sessão experimental para homens	135
	Anexo C.1 – Exemplos de imagens da biblioteca <i>IAPS</i>	137
	Anexo D – Imagens da sessão experimental definitiva para homens	138
	Anexo E – Imagens para a sessão experimental para mulheres	140
	Anexo F – Ficha descritiva da sessão experimental.....	142
	Anexo G – Sessões Experimentais.....	144

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Representação das cinco Bandas das Ondas cerebrais</i>	9
<i>Figura 2: Arquitectura Global do Sistema</i>	22
<i>Figura 3: Diagrama de Actividades do Sujeito e do Servidor</i>	24
<i>Figura 4: Diagrama de Actividades para a Aplicação do GSR</i>	25
<i>Figura 5: Dados EEG sem e com Decimação Provenientes de uma Sessão Experimental</i>	26
<i>Figura 6: Dados EEG sem e com Remoção Picos Provenientes de uma Sessão Experimental</i>	27
<i>Figura 7: Aplicação da Estratégia do Gráfico de Degraus</i>	28
<i>Figura 8: Diagrama das Estratégias de Processamento dos Dados</i>	29
<i>Figura 9: Diagrama de Actividades da EAT</i>	31
<i>Figura 10: Diagrama de Interligação dos Módulos de Software</i>	32
<i>Figura 11: O sistema Internacional 10-20 visto de Perfil (A) e de Cima (B) (International 10-20 System, 1998)</i>	37
<i>Figura 12: Posicionamento dos Eléctrodos (a) Monopolar, (b) Bipolar (Monopolar / Bipolar EEG Electrode kit, 2001)</i>	39
<i>Figura 13: Sistema de Medição Bipolar (A) e Unipolar (B). (International 10-20 System, 1998)</i>	40
<i>Figura 14: Diagrama Esquemático da Localização de Diversas Áreas Cerebrais</i>	43
<i>Figura 15: Variação da Actividade Cerebral. Adaptada de (Aftanas & ET AL., 2006)</i>	44
<i>Figura 16: SAM – Self Assessment Manikin (adaptado de (Lang & Bradley, 2005))</i>	46
<i>Figura 17: Exemplo Aplicativo do SAM, (a) no Caso Geral, (b) em Homens e (c) em Mulheres (Lang & Bradley, 2005)</i>	48
<i>Figura 18: Quadrantes do Espaço Afectivo (Morris, 1995)</i>	49
<i>Figura 19: Variação da Frequência da Onda Alfa com a Idade. Adaptado de (Klimesch, 2004)</i>	54
<i>Figura 20: Categorização da Afectividade</i>	57
<i>Figura 21: Comparativo dos níveis de Afectividade e Excitamento</i>	59
<i>Figura 22: Aplicação da Política de Descarte</i>	61
<i>Figura 23: Descarte devido a Movimentos Corporais</i>	62
<i>Figura 24: Descartes devido a Interferências</i>	63
<i>Figura 25: Descarte devido a Mau Funcionamento de um Dispositivo Auxiliar</i>	64
<i>Figura 26: Diagrama de Blocos da Decimação (Oppenheim & Willsky, 1983)</i>	67

<i>Figura 27: Amostragem de um Sinal Discreto (Oppenheim & Willsky, 1983)</i>	68
<i>Figura 28: Sinal Decimado (Oppenheim & Willsky, 1983)</i>	68
<i>Figura 29: Aplicação do Método de Decimação</i>	70
<i>Figura 30: Diagrama de Actividade UML do Método de Remoção de Picos</i>	74
<i>Figura 31: Aplicação do Método de Remoção de Picos</i>	74
<i>Figura 32: Sessão Experimental com Dados do EEG</i>	75
<i>Figura 33: Aplicação da Metodologia da Evolução por Degraus</i>	76
<i>Figura 34: Propriedade distance da Função kmeans (kmeans - Functions: Statistics Toolbox, 2007)</i>	79
<i>Figura 35: Sintaxe da Função silhouette (kmeans - Functions: Statistics Toolbox, 2007)</i>	80
<i>Figura 36: Parâmetro start da Função kmeans (kmeans - Functions: Statistics Toolbox, 2007)</i>	81
<i>Figura 37: EAT no Estado Inicial</i>	83
<i>Figura 38: Representação Gráfica dos Dados Originais</i>	85
<i>Figura 39: Representação Gráfica da Decimação de 10 em 10 segundos</i>	86
<i>Figura 40: Representação Gráfica da Análise Estatística - Clusters</i>	87
<i>Figura 41: Imagens Representativas dos Estados Emocionais</i>	87
<i>Figura 42: Representação Gráfica dos Dados sem e com Remoção de Picos</i>	88
<i>Figura 43: Consola de Interface com o Utilizador</i>	89
<i>Figura 44: Estádios de Desenvolvimento da EAT</i>	90
<i>Figura 45: Gráfico da Distribuição dos Clusters</i>	91
<i>Figura 46: Diagrama UML da Decisão do Estado Emocional</i>	94
<i>Figura 47: GSR Control Application</i>	96
<i>Figura 48: Circuito Equivalente do GSR</i>	97
<i>Figura 49: GSR Control Application em Funcionamento</i>	100
<i>Figura 50: Estrutura da Trama</i>	100
<i>Figura 51: Estrutura do byte 7 - Status</i>	101
<i>Figura 52: Esquema da Distribuição dos Dados do GSR</i>	101
<i>Figura 53: Diagrama de Blocos do BioExplorer</i>	103
<i>Figura 54: Propriedades de um Filtro do BioExplorer</i>	104
<i>Figura 55: Análise Espectral através do BioExplorer</i>	105
<i>Figura 56: Sessão Teste no Oxímetro</i>	106
<i>Figura 57: Captação de Dados pelo Oxímetro</i>	107
<i>Figura 58: Espaço Afectivo relativo às Imagens usadas nas Sessões Experimentais</i>	109

<i>Figura 59: Altas Frequências no EEG.....</i>	110
<i>Figura 60: Resultados do EEG sem Decimação</i>	111
<i>Figura 61: Aplicação da Decimação com Intervalos de 5 e 20 seg.....</i>	111
<i>Figura 62: Comportamento Padrão para as Ondas Cerebrais de Alta Frequência</i>	112
<i>Figura 63: Efeitos da Indução Emocional nos Homens e nas Mulheres</i>	113
<i>Figura 64: Frequência Cardíaca Média</i>	114
<i>Figura 65: Comportamento Esperado do GSR.....</i>	114
<i>Figura 66: Variação da Resistência da Pele ao Longo das 3 Fases.....</i>	115

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1: Partições da Tabela de Imagens IAPS para Mulheres</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 2: Critérios de inclusão e exclusão da amostra</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 3: Política de Descarte</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 4: Tabela Exemplo para as Médias Ponderadas</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 5: Estruturação da Tabela de Dados Importados pelo EEG</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 6: Taxa de Sucesso da EAT.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabela 7: Casos de Insucesso</i>	<i>118</i>
<i>Tabela 8: Imagens da primeira sessão experimental para homens.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabela 9: Imagens da sessão experimental definitiva para homens.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabela 10: Imagens para a sessão experimental para mulheres</i>	<i>141</i>

Índice de Equações

<i>Equação 1: Processo de decimação de um sinal discreto (Oppenheim & Willsky, 1983).....</i>	68
<i>Equação 2: Cálculo das Médias Ponderadas.....</i>	69
<i>Equação 3: Média das Amplitudes para cada uma das Ondas Cerebrais</i>	71
<i>Equação 4: Teste Lógico Comparativo do Valor-tipo</i>	72
<i>Equação 5: Algoritmo de Remoção de Picos para a 1ª Amostra</i>	72
<i>Equação 6: Algoritmo de Remoção de Picos para a Última Amostra</i>	73
<i>Equação 7: Algoritmo de Remoção de Picos para o Caso Genérico</i>	73
<i>Equação 8: Algoritmo para Calculo do Valor do Primeiro Degrau</i>	76
<i>Equação 9: Algoritmo para Calculo do Valor dos k Degraus</i>	76
<i>Equação 10: Sintaxe da Função kmeans [adaptado de (kmeans - Functions: Statistics Toolbox, 2007)].....</i>	78
<i>Equação 11: Algoritmo para Cálculo da Taxa de Semelhança</i>	80
<i>Equação 12: Algoritmo para a Criação dos Grupos</i>	81
<i>Equação 13: Posicionamentos e Comprimentos dos Clusters</i>	92
<i>Equação 14: Algoritmo de Decisão do Estado Emocional para cada uma das Ondas Cerebrais</i>	93
<i>Equação 15: Algoritmo de Decisão do Estado Emocional</i>	94
<i>Equação 16: Cálculo da Resistência de prova</i>	97
<i>Equação 17: Conversão da Tensão em Formato Digital.....</i>	97
<i>Equação 18: Valor Final da Resistência de Prova</i>	98

Lista de Abreviaturas

ADC – *Analog Digital Converter*

BCI – *Brain-Computer Interface*

DC – *Direct current*

EAT – *Emotions Assessment Tool*

EDR – *Electrodermal response*

EEG – *Electroencephalograph*

fMRI – *Functional Magnetic Resonance Imaging*

GSR – *Galvanic Skin Response*

IAPS – *International Affective Pictures System*

LED – *Light emitting diode*

MEG – *Magnetoencephalography*

TCP/IP – *Transmission Control Protocol / Internet Protocol*

UML – *Unified Modeling Language*

1 Introdução

1.1 Enquadramento

O trabalho descrito ao longo deste documento visa apresentar um conjunto de metodologias apropriadas à criação de um grupo de conteúdos multimédia capazes de induzir emocionalmente um sujeito. Procura também apresentar a definição e estruturação do ambiente experimental a partir do qual, através de dispositivos biométricos, os dados serão captados e posteriormente analisados e processados, com o objectivo de determinar o estado emocional predominante do sujeito ao longo um intervalo de tempo pré-estabelecido.

Biometria deriva do grego *bios* (vida) + *metron* (medida). Os dados biométricos caracterizam-se por um conjunto de informações, padrões e características do corpo humano, e as suas aplicações são inúmeras. Actualmente o termo biometria é muitas vezes associado a sistemas de segurança. Dados biométricos humanos como a íris, impressões digitais, padrões de voz e da face são alguns dos exemplos aplicativos desta área. Fora do âmbito da segurança, os dados biométricos estão também associados à detecção de patologias através da actividade cerebral eléctrica, problemas psicológicos e alterações do estado emocional (Damásio, 1994).

Tirando partido dos dados biométricos humanos, é necessário utilizar equipamentos de *hardware* apropriados à sua recolha; essa tarefa é executada por dispositivos biométricos, que são equipamentos capazes de extrair informação do corpo humano, existindo uma vasta gama deste tipo de equipamentos, cada qual directamente relacionado com a categoria de dados biométricos em questão: leitores das impressões digitais, analisadores de voz, detectores da face, electroencefalogramas, medidores da condutividade da pele entre muitos outros.

Ao longo de vários séculos o estudo das emoções era efectuado a partir da consideração de estados emocionais como a tristeza, o medo, a raiva ou o desgosto. As emoções são a expressão de mais alto nível da bioregulação em organismos complexos, visto que sem emoção a relação entre o Ser Humano e a sociedade é inexistente. Partindo dos vários estados emocionais que se podem associar ao Ser Humano de acordo com o meio envolvente, é possível estabelecer limites e fronteiras,

ainda que ténues, entre alguns dos estados emocionais mais básicos, como a alegria e a tristeza. É baseado nestas fronteiras que a classificação emocional a partir de dados biométricos deixa de ser um tema utópico e passa a pertencer à realidade, de tal forma que parte do desafio deste trabalho consiste em tirar partido dos dados biométricos recolhidos através de dispositivos biométricos em funcionamento paralelo para a identificação e classificação dos estados emocionais.

1.2 Motivação

O crescente número de trabalhos e investigações científicas na área da inteligência artificial e da bioengenharia criam um crescente aumento de novas áreas de investigação até então inexploradas. O tema deste projecto insere-se numa área que, apesar de não ser inóspita aos olhos da comunidade científica, está ainda numa fase embrionária. O valor científico que advém de um projecto que interliga áreas como a engenharia, e mais especificamente a inteligência artificial, a psicologia e a medicina torna-se numa das principais motivações deste estudo. Paralelamente ao valor científico, é importante salientar a integração do trabalho desenvolvido em estudos futuros, no sentido de melhorar a qualidade dos resultados obtidos. Face à originalidade deste trabalho, nomeadamente a interligação de diversos dispositivos biométricos com a finalidade de interpretar a actividade cerebral eléctrica e detectar estados emocionais após uma indução controlada, é importante referir o possível valor económico deste estudo como parte da motivação gerada e criada nesta investigação. Por fim, apesar de não menos importante, deve-se adicionar a motivação pessoal do autor a todo o trabalho desenvolvido e o crescente interesse por diversos trabalhos e investigações que se têm vindo a desenvolver na área da inteligência artificial associada às emoções.

1.3 Objectivos

O principal objectivo deste trabalho consiste em desenvolver um conjunto de ferramentas e métodos de trabalho capazes de, através da recolha e tratamento de dados biométricos provenientes de três dispositivos biométricos distintos, proceder à

sua análise e classificação emocional com base num conjunto de conteúdos multimédia apresentados a um sujeito-teste com o intuito de induzir um conjunto de estados emocionais bem definidos.

Para além do principal objectivo deste trabalho, seguem-se aqueles que são considerados mais específicos:

- Desenvolver uma plataforma capaz de recolher e armazenar dos dados provenientes de equipamentos biométricos;
- Estudar os conceitos de electroencefalografia e a sua adequação à interpretação da actividade cerebral eléctrica associada às emoções;
- Estudar os princípios básicos dos estados emocionais no Ser Humano e as respectivas respostas fisiológicas;
- Estudar os modelos de indução emocional e determinar o conteúdo multimédia a apresentar aos sujeitos durante a sessão experimental;
- Definir as metodologias e requisitos relativos às sessões experimentais;
- Integrar novos dispositivos biométricos (oxímetro e GSR) e adequar o seu funcionamento em paralelo;
- Desenvolver metodologias e estratégias adequadas à análise dos dados biométricos;
- Desenvolver uma ferramenta capaz de analisar e determinar o estado emocional do sujeito de forma automática;

Para além dos objectivos principais e específicos apresentados, o desenvolvimento de um sistema completo capaz de identificar e classificar estados emocionais com base em dispositivos biométricos, recorrendo a um orçamento bastante limitado, torna este trabalho desafiante e competitivo ao nível dos desenvolvimentos científicos mundiais na área da inteligência artificial.

1.4 Estrutura da tese

O trabalho que vai ser apresentado ao longo deste documento está dividido em sete capítulos, o primeiro dos quais é constituído pela introdução que pretende esclarecer o leitor relativamente ao universo investigacional e científico associados a este estudo, apresentar os objectivos e salientar os resultados esperados.

O segundo capítulo é constituído pelo enquadramento teórico, onde são apresentados os conceitos de interface cérebro-computador, ondas cerebrais e as principais metodologias invasivas e não-invasivas. É apresentada uma das classificações do estado emocional mais aceites pela comunidade científica, bem como são desenvolvidos métodos de indução emocional. De entre uma vasta gama de dispositivos biométricos disponíveis no mercado, são abordadas as vantagens de três deles em particular, que serão usados ao longo deste trabalho. Por fim são apresentadas algumas das considerações éticas mais relevantes para este estudo.

A arquitectura global do sistema está presente no terceiro capítulo, e pretende dar ao leitor uma visão global e genérica do funcionamento de todo o sistema associado a este trabalho, detalhando as três fases arquitecturais presentes, a recolha e difusão dos dados biométricos, o processamento dos dados biométricos e a classificação dos estados emocionais, bem como uma abordagem à interligação das diversas ferramentas desenvolvidas e utilizadas ao longo deste projecto.

O capítulo quatro integra toda a metodologia de trabalho inerente à fase experimental deste estudo. Inicia-se pela apresentação das características, técnicas e posicionamentos dos eléctrodos do electroencefalograma, onde é referido o sistema internacional de posicionamento 10-20 e os métodos de montagem unipolar e bipolar. Seguidamente são introduzidos os métodos de indução emocional, salientando-se o modelo tripartido de classificação, o espaço afectivo e a biblioteca de imagens *IAPS* que contém parte do conteúdo multimédia seleccionado para a fase experimental. No que concerne aos requisitos experimentais, estes integram a selecção dos participantes, a estruturação das sessões experimentais e a respectiva selecção e seriação do conteúdo multimédia. Por fim é apresentada a política de descarte desenvolvida especificamente para este trabalho e que visa, quando estritamente necessário, a exclusão de sessões experimentais com base em especificações de qualidade.

A análise dos dados é o tema abordado no capítulo cinco. Este capítulo inicia-se com a apresentação dos métodos de análise de dados abordados neste trabalho, descrevendo-os mais aprofundadamente e referindo as suas características fundamentais para este projecto. Seguidamente são apresentadas as ferramentas desenvolvidas, são descritas as suas funcionalidades e estratégias de desenvolvimento. Este capítulo é finalizado com a descrição dos softwares adicionais que serviram de apoio ao funcionamento de todo o sistema integrante deste estudo.

Os resultados são apresentados no capítulo seis. Este capítulo é iniciado com os resultados experimentais obtidos sem recurso a ferramentas de processamento dos dados biométricos, seguido dos resultados obtidos a partir das ferramentas desenvolvidas e ainda a taxa de sucesso desta ferramenta face à abordagem manual. A divulgação científica constitui o último tema deste capítulo e é composta pelos resultados e apresentações resultantes deste trabalho na comunidade científica.

O sétimo capítulo apresenta as conclusões obtidas ao longo deste trabalho desenvolvido e que será apresentado ao longo deste documento. É ainda apresentada uma síntese de todo o processo de investigação, os principais resultados e conclusões, o sucesso alcançado e as perspectivas de desenvolvimento.

2 Enquadramento Teórico

Com o intuito de integrar o leitor no tema abordado ao longo deste documento e facilitar deste modo a sua leitura, o presente capítulo é constituído por um conjunto de informações relativas aos temas mais relacionados com este trabalho onde se incluem o interface cérebro-computador, o estado emocional humano, a indução emocional e a biometria e algumas das soluções de dispositivos biométricos.

2.1 Interface cérebro – computador

A comunicação biunívoca entre o cérebro humano e o computador é uma área da ciência que se tem vindo a desenvolver nas últimas décadas maioritariamente devido às melhorias a nível electrónico e tecnológico. Este interface entre o cérebro e o computador consiste essencialmente num canal de comunicação, onde informação não muscular é enviada através do cérebro e é interpretada e analisada pelo computador.

Foi em 1977 que um projecto liderado por um investigador americano, Dr. J. Vidal, criou com sucesso o primeiro BCI (*Brain Computer Interface*). Já na década de 90 outros estudos vieram reforçar o facto de que era possível determinar razoavelmente bem qual a actividade mental que estava a ser executada por um sujeito, dentro de um pequeno leque de actividades, com base num EEG (*Electroencephalograph*). Nos últimos anos assistiu-se a uma explosão de investigações e pesquisas nesta área. Foram criadas diversas empresas cujo objectivo primordial era o desenvolvimento desta nova tecnologia. Das inúmeras investigações realizadas tornou-se unânime a definição de BCI: “Um interface cérebro-computador é um sistema de comunicação que não depende dos percursos normais de saída dos nervos e músculos periféricos” (Ebrahimi & ET AL., 2003).

As áreas aplicacionais deste modo de comunicação entre o Ser Humano e a máquina são muito diversas, salientando-se a psiquiatria clínica, as incapacidades motoras, a cinematografia, a publicidade e a integração da detecção de emoções. Através da leitura da actividade cerebral e da sua correcta interpretação, grandes avanços têm vindo a ser desenvolvidos no que respeita à epilepsia e outras doenças e/ou incapacidades cerebrais. A integração de BCIs em dispositivos capazes de ajudar

doentes com incapacidades físicas e motoras tem sofrido inúmeros melhoramentos; os tratamentos psíquicos e psiquiátricos têm sido mais eficientes com a ajuda de BCIs; interpretação e compreensão da actividade cerebral têm sido bastante mais correcta e fidedigna, bem como as diversas zonas envolvidas e a sua interacção (Damásio, 1994).

Relativamente a direcções e desenvolvimentos futuros que tirem partido desta tecnologia, o futuro da tecnologia e dos sistemas BCIs dependerá de vários factores como o reconhecimento que a investigação na área BCI é um problema interdisciplinar, que envolve a neurobiologia, a psicologia, a engenharia, a matemática e as ciências computacionais; identificação dos sinais dos quais os utilizadores têm uma melhor capacidade para o controlo independente de uma actividade; o desenvolvimento de métodos de treino para os utilizadores ganharem e manterem o controlo de forma mais simples e rápida; a criação de melhores algoritmos para a tradução de sinais; uma especial atenção para a identificação e eliminação dos artefactos.

A um nível mais particular, e relativamente a este trabalho, a integração de uma ferramenta de classificação automática dos estados emocionais pode ser usada a nível publicitário, no sentido de validar a repercussão de um dado anúncio perante o público, a nível cinematográfico para analisar as reacções emocionais causadas pelo seu visionamento ou até na ajuda para a comunicação de pessoas com incapacidades da fala.

2.1.1 Metodologias invasivas e não invasivas

A comunicação entre o cérebro humano e o computador necessita de equipamentos físicos para a captação e transmissão dos sinais biométricos. As estratégias adoptadas por investigadores no sentido de procurar interpretar as informações presentes no cérebro humano são divididas em dois grandes grupos, os métodos invasivos e os não invasivos. Estes métodos diferem entre si no tipo de metodologia aplicada para captar a actividade cerebral eléctrica. Dentro da categoria dos métodos invasivos encontram-se os neuroimplantes. Os neuroimplantes são pequenos dispositivos electrónicos que são implantados directamente na massa cinzenta, pelo que a recepção de sinais eléctricos e os estímulos aplicados produzem resultados bastante mais próximos dos reais, quando comparados com técnicas não

invasivas. Os métodos invasivos, pela sua natureza invasiva, são usados em grupos restritos de pessoas, normalmente em estado já terminal de tal forma que um insucesso derivado à implantação e/ou funcionamento do neuroimplante não coloca a vida da pessoa em risco. Por outro lado são claras as vantagens que advêm deste método: a colocação do implante directamente na massa cinzenta elimina qualquer tipo de interferências e atenuações entre o eléctrodo e o exterior, bem como a garantia da recolha de dados da actividade cerebral eléctrica de melhor qualidade.

No entanto, é necessário ponderar as vantagens e desvantagens deste método dado a sua característica invasiva. Devido às multifuncionalidades das diversas zonas cerebrais, a localização do implante irá ditar qual o tipo de actividade se pretende monitorizar e agir. O risco inerente à implantação e posterior funcionamento do neuroimplante é grande, pelo que este tipo de metodologias deve ser precedido de um estudo que prove a superioridade e eficiência de um neuroimplante face a um dispositivo não invasivo e tenha em atenção todos os procedimentos éticos envolvidos. As aplicações associadas ao uso da metodologia invasiva estão relacionadas com a recuperação ou ajuda de movimentos em pessoas com incapacidade física (Kennedy & Bakay, 1998) e cegueiras não congénitas (Vision Quest, 2002).

Por outro lado, a utilização de metodologias não invasivas permite a captação da actividade cerebral eléctrica de uma forma simples e rápida, sem a necessidade da intervenção de equipas especializadas nem o perigo associado a intervenções cirúrgicas ao cérebro. O EEG é o dispositivo biométrico não invasivo mais aplicado e estudado devido às suas características de resolução temporal elevadas, portabilidade e baixo custo. Naturalmente que a aplicação deste tipo de metodologias implica perda da qualidade do sinal face a dispositivos invasivos, maior susceptibilidade ao ruído e um maior tempo de treino por parte do paciente para o controlo de uma dada actividade ou tarefa mental. Para além do EEG, existem outros dispositivos não invasivos de entre os quais se destacam o GSR (*Galvanic Skin Response*), MEG (*Magnetoencephalography*) e o fMRI (*Functional Magnetic Resonance Imaging*) mais indicados para a análise visual da actividade cerebral.

2.1.2 Ondas cerebrais

Uma das formas típicas de representação da actividade cerebral eléctrica é através da actividade rítmica, actividade esta que pode ser captada com a ajuda de um dispositivo biométrico como o EEG. A actividade rítmica é dividida em bandas, cada uma dessas bandas representando um tipo de onda cerebral distinto. A divisão em bandas é caracterizada pelas frequências às quais determinada actividade cerebral eléctrica é mais propícia de ocorrer. No entanto não existe um consenso generalizado de forma a estandardizar os limites inferiores e superiores de cada uma das bandas. Não obstante este facto, são definidas cinco bandas representativas da actividade rítmica e que são representadas na Figura 1.

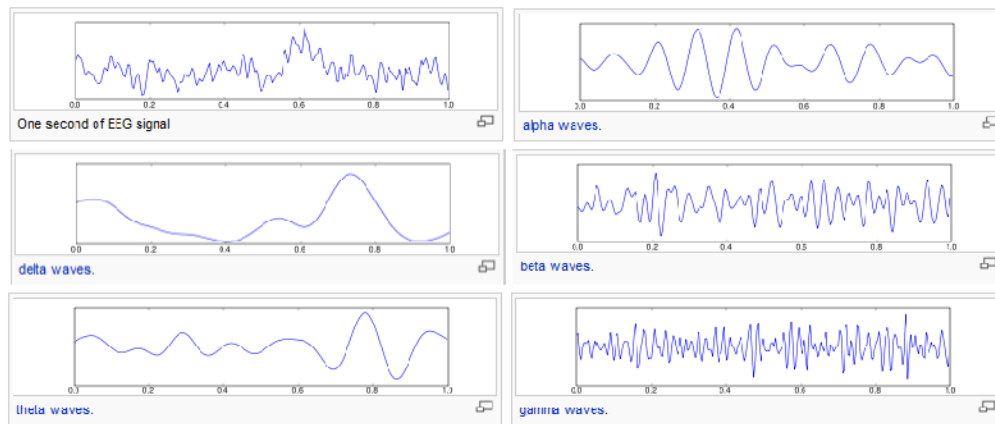


Figura 1: Representação das cinco Bandas das Ondas cerebrais

Na Figura 1 é apresentado o registo captado por um EEG com um intervalo de tempo de um segundo, e o sinal original é apresentado no primeiro gráfico da esquerda para a direita e de cima para baixo. Os restantes gráficos apresentam os dados nas respectivas bandas, Delta, Teta, Alfa, Beta e Gama, que vão desde as baixas frequências – aproximadamente 1,5Hz, até às altas frequências – a partir dos 26Hz. A cada tipo de onda cerebral estão associadas diversas características e comportamentos que as caracterizam. Segundo o dicionário (The American Heritage Dictionary of the English Language, 2004):

- A onda Delta é definida como uma onda cerebral de variação lenta, com frequências inferiores a seis ciclos por segundo, que emanam na zona posterior do cérebro e estão associadas ao sono profundo nos adultos;

- No que respeita à onda Alfa, apresenta um padrão suavizado, com oscilações eléctricas regulares que ocorrem quando a pessoa está acordada e relaxada; a banda de frequências situa-se entre os 8 e os 13Hz;
- A onda Gama é definida como um padrão das ondas cerebrais associado à percepção e à consciência. As ondas Gama são produzidas quando massas de neurónios emitem sinais eléctricos à taxa aproximada de quarenta vezes por segundo, mas pode também ocorrer entre os 26 e os 70Hz;

Relativamente às restantes ondas cerebrais, e com base no dicionário (The American Heritage Stedman's Medical Dictionary, 2002),

- A onda Teta é definida como uma forma de onda de um electroencefalograma com frequências entre os 4 e os 8Hz associada ao estado de alerta e excitação;
- A onda Beta é uma das ondas cerebrais que ocorre com mais frequência em electroencefalogramas de adultos, caracterizada por ter frequências entre os 13 e os 30Hz e está relacionada com estados de ansiedade e apreensão;

2.2 O estado emocional

Ao longo de vários séculos consideravam-se estados emocionais como a tristeza, o medo, a raiva ou o desgosto o tipo de dados mais apropriado para estudar as emoções (Cacioppo, 2004). A razão para este ponto de vista é, de certa forma, directa. Quando alguém se encontra a balancear perigosamente num precipício, posicionado na trajectória de um predador ou encurralado no topo de um edifício em chamas, as consequências não são subtis; o inconfundível estado de medo apodera-se do corpo e controla-o, a expressão de terror é involuntariamente desenhada no rosto, a atenção é focada apenas num conjunto de estímulos, as acções são conduzidas por tentativas de evitar o perigo eminente e os recursos metabólicos são mobilizados para suportar tais acções.

A emoção pode ser definida (Damásio, 1998) ou usada no sentido de designar uma colecção de respostas desencadeadas por partes do corpo humano ou do cérebro, e

mesmo entre diferentes partes do cérebro, através de ambas as rotas neurais e hormonais. O resultado final deste conjunto de respostas é o estado emocional, definido pelas alterações de determinadas propriedades do corpo humano e em certas zonas do cérebro.

Os termos emoção e sentimento são diversas vezes mal interpretados e confundidos, mas as suas definições são claras (Oliveira & Sarmiento, 2003) (Damásio, 1994). Do ponto de vista investigacional, é importante separar os termos que designam diferentes componentes de uma cadeia. O sentimento deve ser usado para descrever um estado mental complexo, resultado de um estado emocional. Este estado mental inclui a representação de alterações que ocorreram nas propriedades do corpo e são assinaladas através do sistema nervoso central, e ainda inúmeras alterações nos processos cognitivos. Ambos, a emoção e o sentimento, são passíveis de ser investigados, no entanto a emoção é de certa forma mais facilmente acessível do que o sentimento, dado que os estímulos e localização são mais simples, e também porque muitas das respostas são exteriorizadas e assim mensuráveis através de processos menos complexos.

Em 1994 foi desenvolvido um trabalho por Damásio (Damásio, 1994) que relata um estudo exaustivo de doentes com lesões no córtex pré-frontal, permitindo concluir que, embora a capacidade intelectual se mantivesse intacta, esses doentes apresentavam mudanças constantes do comportamento social e incapacidade de estabelecer e respeitar regras sociais. Deste estudo é inequívoco afirmar que as emoções são essenciais ao Homem, que o preenchem no seu quotidiano e o ajudam a superar obstáculos. As emoções protegem o Ser Humano evitando os perigos ou afastando-os, de certa forma opera como um mecanismo básico de tomada de decisões sem recorrer a deliberações ou considerações de facto, opiniões ou resultados. São vários os aspectos que se relacionam com as emoções, tornando-as num bem essencial para o Ser Humano. Por um lado as emoções são a expressão de mais alto nível da bioregulação em organismos complexos; sem emoção, a relação entre um organismo e o mais complexo dos aspectos do meio envolvente, a sociedade e a cultura, está quebrada. A memória é um dos aspectos primordiais do Ser Humano, e este, em conjunto com a emoção, formam um par indissociável. Por fim a emoção está directamente relacionada com a razão e a tomada de decisão, desde simples acções como fugir do perigo, até mecanismos mais complexos como ética, leis, arte e ciência.

Ao longo deste trabalho irão ser desenvolvidos métodos e algoritmos capazes de, de uma forma autónoma, identificarem correctamente três dos estados emocionais de um Ser Humano. Dada a complexidade das emoções humanas e a sua difícil identificação, os estados emocionais abordados serão a alegria e a tristeza, dois estados escolhidos propositadamente por serem opostos e representarem valores inversos no que respeita à valência¹. Também as suas características e padrões de comportamento mais simples quando comparáveis com o totalidade do espectro das emoções levam a uma identificação e caracterização mais fidedigna e exequível no âmbito e dimensão deste trabalho.

2.3 Activação emocional

De forma a obter uma melhor compreensão e análise das emoções, é necessário conhecer os processos que originam a activação emocional, os próprios modelos emocionais e as diferentes formas como as emoções são exteriorizadas. Segundo Cornelius (Cornelius, 2000), as emoções podem ser vistas segundo três perspectivas diferentes, a de Darwin, a cognitiva e a Jamesiana. A teoria de Darwin sugere que “as emoções são seleccionadas por natureza relativamente ao seu valor de sobrevivência, isto é, o medo existe porque ajuda a evitar o perigo” (Cornelius, 2000). Já a teoria cognitiva refere que o cérebro é o centro de todas as emoções, e foca-se particularmente em processos directos e não-reflexivos, pelos quais o cérebro julga uma situação ou evento como boa ou má. Por último, a teoria Jamesiana defende que “as emoções são apenas a percepção de mudanças corporais como o batimento cardíaco ou as respostas da pele” (Cornelius, 2000). Apesar de estas serem teorias antigas, podem-se extrair conceitos importantes, nomeadamente da teoria de Jamesiana.

As emoções não são um fenómeno discreto, mas pelo contrário contínuo, e como tal a representação das emoções é usualmente realizada através de um espaço bidimensional, onde estão representados por um lado a afectividade, de alegre a triste, e por outro o excitação, de excitado a calmo. Através de um sistema de avaliação afectiva desenvolvido por (Lang & Bradley, 2005) em 1980, denominado *SAM* que

¹ A valência (também denominada afectividade) representa uma das três dimensões consideradas para o estudo emocional, em conjunto com o excitação e o domínio (Lang & Bradley, 2005). Esta representação é abordada e desenvolvida em maior profundidade no subcapítulo 4.2.3.

será desenvolvido no subcapítulo 4.2.1, e ainda apoiado num trabalho realizado em 2005 sobre a indução de emoções (Chanel & ET AL., 2005), o modelo bidimensional (International 10-20 System, 1998) escolhido para a representação das emoções, é o mais indicado para este estudo dado constituir uma representação das emoções bastante próxima da realidade e possibilitar ainda a determinação de estados emocionais a partir de uma representação contínua.

A detecção de emoções é por si só um tema muito complexo, e a sua eficiência depende em parte da forma como a indução dessas mesmas emoções é realizada no sujeito. Um método que hoje em dia prevalece e é usado para a indução de emoções (Chanel & ET AL., 2005) consiste em pedir a um actor para sentir ou expressar um determinado estado emocional. Esta estratégia é amplamente usada para a detecção de emoções a partir das expressões faciais e ainda de alguns sinais fisiológicos. No entanto, mesmo actores experientes cuja capacidade de atingir determinados estados emocionais é evidente, é difícil garantir que as respostas fisiológicas sejam consistentes e reproduzíveis por sujeitos que não sejam actores.

Uma forma alternativa de induzir emoções é expor o sujeito a estímulos externos, (Chanel & ET AL., 2005) estímulos esses que podem ser muito variados como músicas, imagens, vídeos, jogos de computador e outros. As vantagens mais significativas derivadas da utilização desta alternativa são o facto de não serem necessários actores, bem como a “qualidade” das emoções induzidas ser superior no sentido em que são mais reais e mais vividas.

2.4 Soluções de equipamentos

A realização deste trabalho pressupõe como essencial a aquisição de equipamentos biométricos, pelo que a sua selecção e escolha final é feita com base num estudo rigoroso das potencialidades e finalidades dos vários equipamentos disponíveis no mercado. De forma a realizar uma pesquisa completa atendendo a todos os factores primordiais de cada equipamento, foram seleccionadas e aprofundadas algumas características das quais se destacam a funcionalidade, o tipo de conectividade, a resolução, o preço e o país distribuidor do equipamento em causa. Esta pesquisa culminou, inicialmente, na escolha de dois equipamentos biométricos, o *EEG Neurobit Lite* e o oxímetro *OxiCard*, e mais tarde na introdução de um novo

equipamento, um *GSR ThoughtSream Biofeedback System* no sentido de validar, reforçar e comprovar os padrões e comportamentos até então captados. De seguida são apresentados os equipamentos biométricos em questão e aprofundadas as suas características e vantagens que determinaram a sua escolha para este trabalho/investigação.

2.4.1 Electroencefalograma

A actividade cerebral eléctrica inicia-se por volta das 17-23 semanas de gestação. Assume-se que no nascimento o número total de células neuronais está completamente desenvolvido, e ronda os 10^{11} neurónios, o que se traduz numa densidade média de aproximadamente 10^4 neurónios por mm^3 . A interligação entre as redes neurais é realizada através de sinapses, cerca de 5×10^{14} e que aumentam com a idade estando no entanto dependentes do número de neurónios que vão decrescendo com o avançar da idade. Quando as células nervosas – neurónios – são activadas, produzem-se fluxos de correntes locais. O EEG mede a maioria das correntes que fluem durante as sinapses e o excitação das dendrites dos neurónios piramidais no córtex cerebral. As diferenças do potencial eléctrico são causadas por potenciais pós-somáticos das células piramidais que criam dipolos eléctricos entre o corpo do neurónio e as respectivas dendrites. A corrente eléctrica cerebral é constituída essencialmente pelos iões Na^+ , K^+ , Ca^{++} e Cl^- que são bombeados através dos canais das membranas dos neurónios em direcção à membrana com potencial dominante. Para que seja criada corrente eléctrica suficiente para ser registada no crânio, são necessárias grandes populações de neurónios capazes de produzir tais valores (Teplan, 2002).

A técnica médica usada com a finalidade de captar a actividade eléctrica gerada pelas estruturas cerebrais no crânio denomina-se electroencefalografia, e essa captação é realizada com o apoio de um equipamento biométrico, o electroencefalograma (EEG), e que é definido como um dispositivo capaz de gravar potenciais eléctricos de reduzida amplitude gerados pelo cérebro (Ebrahimi & ET AL., 2003).

Em 1875 Richard Caton, um médico de Liverpool, publicou no *British Medical Journal* os resultados sobre os fenómenos eléctricos da massa cinzenta exposta de animais, tais como macacos e coelhos. Para a recolha das grandezas eléctricas Caton

utilizou eléctrodos unipolares que colocou no córtex. Através da amplificação óptica do menisco do seu galvanómetro de Thompson a corrente eléctrica foi medida e o seu valor armazenado. Com o uso deste método rudimentar, Caton pode verificar as alterações da corrente eléctrica num cérebro biologicamente activo de acordo com estímulos exteriores e padrões específicos não relacionados com o batimento cardíaco ou o ritmo respiratório. A amplitude dos sinais eléctricos era tão baixo (da ordem dos micro volts) que a sua descoberta foi espantosa visto que fora feita 50 anos antes dos primeiros amplificadores eléctricos serem criados (Bronzino, 1995). Tinha nascido a electroencefalografia, apesar de ser ainda um método imaturo e apoiado por ferramentas demasiadamente simples.

Já em 1924, um médico alemão, formado na Universidade de Jena na Austrália, Hans Berger levou a cabo as primeiras gravações da actividade cerebral eléctrica humana com a ajuda de tiras metálicas coladas no crânio usadas como eléctrodos e um galvanómetro sensível como instrumento de gravação. Berger foi capaz de medir as pequenas irregularidades dos potenciais eléctricos provenientes do cérebro. Através do estudo das sucessivas posições do elemento oscilante do galvanómetro e registando-as em papel, observou os padrões resultantes das ondas cerebrais e a sua variação no tempo. De 1924 a 1938 Berger liderou uma fundação responsável por muitas das aplicações de electroencefalografia presentes. Foi o primeiro a utilizar a palavra electroencefalografia na descrição dos potenciais eléctricos do cérebro humano, e a anotar que estes potenciais não eram aleatórios mas que mostravam uma certa regularidade e periodicidade. Observou diferenças entre ondas lentas captadas durante o sono e ondas rápidas durante actividades cognitivas. Sugeriu, de uma forma bastante correcta, que a actividade cerebral se altera de uma forma consistente com a alteração do estado do sujeito, como desde um estado de relaxamento a alerta. No entanto, e apesar de todas as luzes e ideias revolucionárias originadas por estes estudos, o artigo original de Berger, publicado em 1929, não suscitou grandes interesses perante a comunidade e foi praticamente ignorado até estudos semelhantes terem sido desenvolvidos e verificados por investigadores britânicos

Foi em 1934 que Adrian e Matthews publicaram o seu famoso trabalho que veio verificar as descobertas realizadas por Berger relativas ao conceito de onda cerebral humana. Uma das principais contribuições deste trabalho foi a identificação de ritmos no EEG, de entre os quais se destacou o ritmo alfa (Bronzino, 1995).

Em 1934, Fisher e Lowenback demonstraram os primeiros picos epiléptiformes. No ano seguinte, o trabalho de Gibbs, Davis e Lennox, relativo a crises e sua relação com ondas de picos específicas iniciou o campo da electroencefalografia clínica. Foi no ano de 1936 que se declarou aberto o primeiro laboratório de EEG na América no “Massachusetts General Hospital”. Sucessivos avanços foram emergindo à medida que a tecnologia era aperfeiçoada. Franklin Offner da *Northwestern University* desenvolveu um protótipo de EEG que integrava uma impressora piezoeléctrica a tinta chamada *Crystograph* e em 1947 sucedeu o primeiro congresso neste domínio organizado pela recém fundada *American EEG Society* (Bronzino, 1995).

Em 1957 Aserinsky e Kleitman descreveram o sono, que abriria caminho ao estudo das desordens relacionadas com o sono. Ainda na década de 50 o físico inglês William Grey Walter desenvolveu uma aplicação relativa ao EEG denominada topografia EEG que permitia mapear a actividade cerebral sobre a superfície do cérebro (Bronzino, 1995).

No passado a análise de EEGs era baseada numa prospecção visual dos registos em papel. Com a introdução de tecnologias mais avançadas e o início da era dos computadores, tornou-se possível aplicar um conjunto de métodos de análise de EEGs muito mais eficiente, aumentando assim o leque de potencialidades do uso deste equipamento. Essas funcionalidades têm também evoluindo, e desde 1924, quando Berger realizou a leitura e gravação da actividade cerebral eléctrica no Ser Humano, as análises de EEGs têm sido conduzidas principalmente em ambientes clínicos para detectar patologias e epilepsia e em ambientes investigacionais para quantificar os efeitos de novos agentes fármacos (Bronzino, 1995) (Oliveira P. G., 1981)

Em estudos mais recentes e essencialmente no âmbito investigacional, podem-se destacar diversos trabalhos na área das emoções e dos estados emocionais que visam a utilização de dispositivos biométricos como o EEG para a detecção de padrões e comportamentos em função de induções específicas (Chanel & ET AL., 2005) (Takahaski, 2004) (Aftanas & ET AL., 2006) (Aftanas & ET AL., 2002) (Aftanas & ET AL., 2004) (Herbelin & ET AL., 2004) (Nielson & ET AL., 2006) (Rosa & Soares, 2007) (Mullër, 1999). Dada a integração deste trabalho em dois outros projectos distintos, um deles já concluído e outro, de maior dimensão, em fase de desenvolvimento, é importante salientar o uso do EEG num estudo desenvolvido

(Vinhas & Gomes, 2008) em 2008 que visa o controlo de um rato de computador através do piscar de olhos.

No que respeita às características e funcionalidades do EEG, é necessário ter em conta diversos aspectos como a frequência de amostragem², o número de eléctrodos e os artefactos. A frequência de amostragem varia consoante a finalidade dos dados captados pelo EEG, ou seja, se se pretender um estudo clínico aprofundado, nesse caso uma frequência de amostragem de 512kHz ou mesmo 1024kHz será a mais indicada. No entanto se o objectivo passar pelo estudo de comportamentos e padrões a nível académico e/ou investigacional, então bastará uma frequência de amostragem de 128Hz. Relativamente ao número de eléctrodos a usar, naturalmente que um maior número resulta numa captação mais alargada da actividade cerebral em várias áreas em simultâneo, no entanto o factor económico e o crescente grau de complexidade da análise dos dados estão fortemente ligados a este aspecto e vai depender essencialmente dos fundos e dos investimentos aplicados. Por fim os artefactos são uma característica muito importante do EEG e representam sinais ou actividades eléctricas de origem não cerebral, como movimentos oculares, batimentos cardíacos, movimentos musculares entre outros. No entanto, com a evolução da electrónica e das novas tecnologias tem sido desenvolvidos filtros, amplificadores e outros mecanismos capazes de eliminar quase na totalidade estes artefactos, razão pela qual não é necessária uma preocupação extrema com estes factores para a qualidade dos sinais eléctricos captados.

2.4.2 Galvanic Skin Resistance (GSR)

O GSR pode ser usado na captura de respostas nervosas a parâmetros do funcionamento das glândulas sudoríparas³. Devido à simplicidade envolvida na medição, e a uma reprodutibilidade bastante boa, pode ser considerado um método útil para o estudo das funções do sistema nervoso, mais especificamente o sistema simpático periférico (Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, 2004).

² A frequência de amostragem determina a quantidade de amostras por unidade de tempo captadas a partir de um dado sinal

³ As glândulas sudoríparas são glândulas presentes nos mamíferos e cuja função é a produção de suor para a regulação da temperatura do corpo e a eliminação de substâncias tóxicas.

A actividade eléctrica da pele está directamente relacionada com dois fenómenos, um é a actividade endossomática e o outro a actividade exossomática. A actividade endossomática consiste na medição do potencial eléctrico da pele sem a aplicação de qualquer corrente eléctrica exterior ao corpo. A actividade exossomática é a de maior interesse para a comunidade científica e mede as propriedades eléctricas da pele quando submetidas a uma corrente eléctrica. Existem quatro métodos distintos de medição da actividade eléctrica da pele, dos quais se destaca a medição da resistência eléctrica da pele visto que é este o princípio usado para o dispositivo biométrico escolhido para este trabalho. A aplicação de uma corrente constante DC (*Direct Current*) cria alterações no potencial eléctrico, alterações essas que são registadas e caracterizadas. Essas alterações estão fortemente ligadas às glândulas produtoras de suor (Schmidt & Walach, 2000).

Ao longo da história do GSR, houve momentos de glória e momentos de rejeição. Este dispositivo foi usado em importantes investigações sobre ansiedade e stress (Fenz e Epsstein, 1967) e na detecção de mentiras (Raskin, 1973). Grande parte da história desde tipo de medições lidava com flutuações espontâneas, e em alguns casos o fenómeno era aceite sem ser compreendido (Hume, 1976). Apesar do termo GSR ser antigo e por vezes confuso, é o mais comum. Existiram várias tentativas no sentido de melhorar a terminologia, e duas delas foram propostas pela *Society for Psychophysiological Research* em 1967 e por *Venables & Martin* em 1967. Actualmente todas as terminologias acabam por culminar em EDR – *Electrodermal response* (Fuller, 1977).

Segundo um estudo desenvolvido num ambiente clínico (Fuller, 1977), o GSR é um dispositivo muito sensível à variação dos estados emocionais em algumas pessoas. Visto que o GSR reflecte a actividade das glândulas sudoríparas e consequentemente as alterações no sistema nervoso simpático, então a sua relação com as emoções confirma-se. Segundo George Fuller (Fuller, 1977) existe uma relação entre a actividade simpática e a indução de estados emocionais, apesar de não ser possível identificar especificamente qual a emoção induzida. Medo, raiva, tristeza, respostas orientadas e até o comportamento sexual são estados emocionais que produzem um tipo de resposta ao GSR semelhante.

Desta forma, e tendo em conta as características apresentadas para o GSR, é importante referir que este dispositivo biométrico, por si só, não iria ser suficiente para gerar uma solução perante a questão: *Qual o estado emocional do sujeito?* No entanto,

o seu contributo, em conjunto com o EEG atrás descrito e o oxímetro referido no subcapítulo 2.4.3, são capazes de captar dados biométricos suficientemente diversos para interpretar e classificar dois estados emocionais distintos, a alegria e a tristeza.

2.4.3 Oxímetro

A utilização de um oxímetro no âmbito deste trabalho não tem como finalidade a utilização de todas as funcionalidades disponibilizadas, mas sim apenas a monitorização do batimento cardíaco de uma forma regular e com uma precisão suficiente para determinar alterações de comportamento ao longo das sessões experimentais. Não obstante este facto, as potencialidades do oxímetro vão muito para além da medição do batimento cardíaco.

O princípio de funcionamento deste dispositivo biométrico é baseado nas características de absorção da luz vermelha e infravermelha da hemoglobina oxigenada e desoxigenada. A hemoglobina desoxigenada absorve mais luz vermelha permitindo a passagem de mais luz infravermelha, pelo que a sua detecção é feita com base na luz absorvida. O oxímetro usa um emissor de luz vermelha e LEDs (*Light emitting diode*) infravermelhos que emitem luz através de uma superfície translúcida e com um grande fluxo de sangue, como é o caso da ponta do dedo ou o lóbulo da orelha nos adultos, e a palma do pé em crianças. Do lado oposto ao transmissor encontra-se um fotodetector que capta a luz que atravessou a superfície em causa e calcula o respectivo valor para a taxa de oxigenação do sangue. Esse cálculo é efectuado em função do rácio R/IR onde R representa a luz vermelha transmitida e IR a luz infravermelha transmitida. Os valores típicos para R/IR são convertidos em tabelas fornecidas pelos próprios fabricantes e que podem variar de acordo com as calibrações efectuadas. (Pulse oximetry principles, 2002).

Uma contextualização histórica deste equipamento biométrico permite acompanhar a sua evolução desde o início dos anos 30 do século XX quando investigadores alemães usaram espectrófotómetros (instrumentos capazes de medir diferentes comprimentos de onda e intensidades de luz) para investigar a transmissão de luz através da pele humana, até às mais recentes investigações que tentam lidar com algumas das limitações deste dispositivo como a baixa perfusão e a presença de sangue venoso. Em 1939 investigadores alemães apresentaram um medidor de oxigénio

adaptável à orelha que usava luz vermelha e infravermelha para compensar as alterações da espessura de tecidos, conteúdo do sangue e intensidade de luz. A II Guerra Mundial veio servir como motor para o desenvolvimento desta técnica dada a necessidade de medir e nivelar a oxigenação dos pilotos de avião a altas altitudes. Durante os anos 70 foi desenvolvido em São Francisco um oxímetro com 8 comprimentos de onda e auto-calibrável com fins clínicos, no entanto era muito pesado e o seu preço de venda rondava os dez mil dólares. Ainda nesta década um investigador japonês reconheceu que era capaz de usar as alterações pulsantes da transmissão da luz através do lóbulo da orelha para determinar a pulsação sanguínea. Actualmente existem inúmeras indústrias responsáveis pelo desenvolvimento de oxímetros, e apesar das metodologias associadas à captação e determinação da taxa de oxigenação do sangue serem semelhantes, estas variam consoante a integração de outras potencialidades como a leitura da pulsação sanguínea, monitorização em tempo-real e alarmes entre outros (Pulse oximetry history, 2002).

2.5 Conclusões

Através da apresentação de diversas informações de índole mais genérica pretendeu-se fornecer ao leitor uma visão mais pormenorizada sobre cada um dos temas acima expostos no sentido de compreender o *background* teórico que sustenta este trabalho desenvolvido. Iniciou-se o capítulo com algumas considerações relativas ao interface cérebro-computador, nomeadamente os métodos invasivos e não-invasivos, as suas vantagens e desvantagens e ainda a apresentação das cinco ondas cerebrais e as suas principais funções no comportamento e estado do Ser Humano. Seguidamente foi descrito o estado emocional humano e alguns dos trabalhos mais promissores nessa área. A activação emocional foi apresentada com o intuito de informar o leitor das metodologias mais comuns de indução emocional. Por fim foram referidos alguns dos dispositivos biométricos mais utilizados e referenciados em trabalhos científicos recentes, e apresentados os que foram usados no desenvolvimento deste trabalho, nomeadamente o electroencefalograma, o oxímetro e o medidor da condutividade da pele.

3 Arquitectura e Funcionamento Global do Sistema

A arquitectura de um sistema caracteriza o relacionamento e a comunicação entre os diversos módulos do próprio sistema e permite visualizar o seu comportamento global de uma forma simplista e de alto nível, não obstante identificar todos os processos e procedimentos chave inerentes ao seu funcionamento. Através deste tipo de arquitectura transparece o primeiro contacto do leitor com o sistema na sua globalidade, permitindo assim a partir da sua observação identificar e estruturar as principais actividades e intervenientes directamente relacionadas com o projecto. O processo de desenvolvimento inerente a todo este projecto é constituído por três fases distintas e sequencialmente espaçadas no tempo, criando assim as camadas primordiais sobre as quais todo o trabalho se assenta. Nos subcapítulos seguintes irão ser identificadas e desenvolvidas cada uma das camadas anteriormente referidas e os respectivos processos e métodos associados.

Relativamente à selecção do conteúdo multimédia e subsequente recolha dos dados biométricos, este foi um processo bastante moroso não só pela necessidade de convidar pessoas de fora do âmbito deste projecto a realizarem a sessão experimental como também pelo facto de que foi ainda necessário providenciar um espaço com as condições pretendidas para a realização das referidas sessões experimentais. No que concerne ao processamento dos dados biométricos, esta etapa ocorreu de certa forma paralelamente à execução das sessões experimentais com o objectivo de tentar prever e caracterizar possíveis padrões registados nos dados recolhidos através da monitorização em tempo real. Após a conclusão da fase de recolha e dados, o processamento e posterior análise desenvolveu-se sem atrasos e culminou no desenvolvimento de uma ferramenta de classificação automática do estado emocional predominante do sujeito durante a totalidade da sessão experimental. Na Figura 2 seguidamente apresentada está uma representação genérica da arquitectura de todo o sistema.

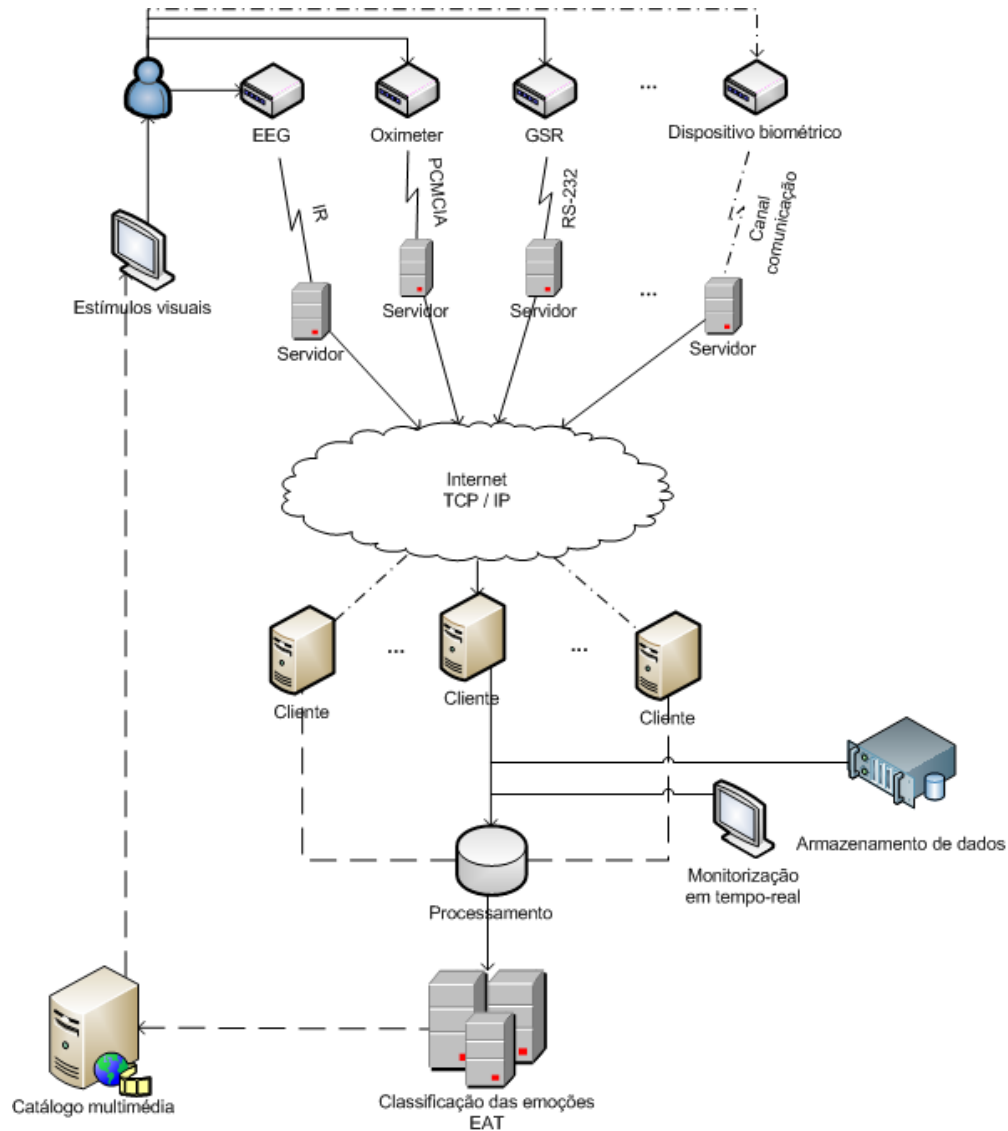


Figura 2: Arquitetura Global do Sistema

3.1 Recolha e difusão dos sinais biométricos

A primeira camada (*layer*) da arquitectura global deste sistema é denominada por camada de recolha e difusão dos dados biométricos, e é responsável pela captura e envio dos dados brutos – sem qualquer tipo de tratamento - para a rede TCP/IP. O seu principal objectivo é preparar os dados para que estes possam ser acessíveis e geridos por qualquer receptor que esteja conectado a um ou vários servidores tipo *broadcast*. Os equipamentos biométricos podem ser arbitrários em número e diversidade, e possuem *drivers* encapsulados em ferramentas de *software* específico, que são

responsáveis pela difusão dos sinais. Desta forma estão presentes os dispositivos biométricos e as respectivas ligações ao sujeito a ser testado, bem como os estímulos multimédia a apresentar e definidos os protocolos de comunicação entre os equipamentos e a rede TCP/IP. Na parte superior da Figura 2 está apresentada a arquitectura para esta camada, realçando a flexibilidade do sistema.

A criação de uma plataforma de recolha e difusão de dados numa rede TCP/IP que seja estandardizada e universalmente aceite é um passo essencial para o sucesso e futuro desenvolvimento de todo o projecto, garantindo assim a sua usabilidade e correcto funcionamento fora do âmbito no qual foi desenvolvido. Neste sentido, e no que se refere a esta camada em específico, foi dada especial ênfase aos *drivers* a aplicar a cada um dos dispositivos utilizados. A integração e constante interacção do autor deste projecto num trabalho anteriormente desenvolvido por António Gomes (Gomes, 2007) para um projecto final de curso culminaram na reutilização de dois dos referidos *drivers* adaptados ao EEG e ao oxímetro. Estes foram criados no sentido de permitir o envio dos sinais biométricos captados do sujeito para a rede TCP/IP em tempo real, não permitindo no entanto a visualização em tempo real da evolução do comportamento e estados emocionais do sujeito. A inclusão de dois módulos de software adicionais, em funcionamento paralelamente com os *drivers* anteriormente referidos, permite a captura, difusão e monitorização em tempo real de todos os sinais captados pelo EEG e pelo oxímetro. A monitorização em tempo real é uma funcionalidade que está integrada na camada de processamento dos dados biométricos e será abordada no subcapítulo seguinte. O *BioExplorer* e o *Office Medic* (consultar subcapítulo 5.2.3), adaptados para o EEG e o oxímetro respectivamente, foram ferramentas fornecidas aquando da compra dos equipamentos biométricos e têm apenas o intuito de suportar e sustentar os dados captados. No subcapítulo 5.2 apresenta-se uma descrição mais pormenorizada de cada uma destas ferramentas, salientando-se desde já a capacidade de monitorização em tempo real e a exportação de dados para posterior processamento.

Tendo em conta a complexidade das actividades envolvidas ao longo de todo o sistema, e tirando partido da linguagem UML, que visa a criação de modelos de uma forma simples mas simultaneamente completa e universalmente aceite, é apresentado na Figura 3 o diagrama de actividades do sujeito e da camada de recolha e difusão dos dados biométricos respectivamente.

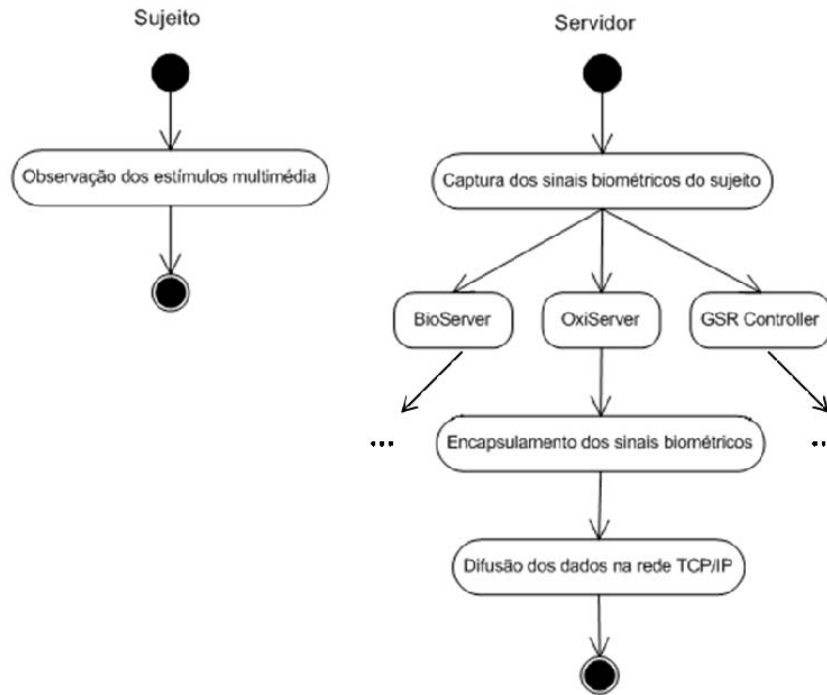


Figura 3: Diagrama de Atividades do Sujeito e do Servidor

O diagrama de actividades apresentado na Figura 3 representa um caso particular do sistema global desenvolvido e, mais especificamente, integra os dispositivos usados neste trabalho. A possibilidade de generalizar a estrutura deste projecto integrando um maior número de equipamentos biométricos constitui uma das principais características de todo este estudo, a garantia da flexibilidade. A flexibilidade pode ser vista sob duas formas: por um lado um sistema flexível significa um sistema capaz de ser adaptável a novas situações. Logo, o acréscimo ou remoção de equipamentos biométricos é uma tarefa exequível e cuja complexidade é moderada graças à estandardização dos *drivers*; o acesso remoto aos sinais biométricos capturados para futuro processamento e classificação do estado emocional e ainda a monitorização em tempo real dotam este sistema com uma excelente característica, a portabilidade.

A “prova de ouro” para demonstrar a flexibilidade acima referida ocorreu no momento em que se tornou necessária a aquisição de um novo dispositivo biométrico para comprovar e reforçar os padrões e comportamentos emocionais até então obtidos. Este novo dispositivo biométrico levou ao desenvolvimento de uma aplicação de controlo e envio de dados para a rede, através do protocolo de comunicação TCP, cumprindo assim os requisitos necessários ao funcionamento global do sistema. O respectivo diagrama de actividades é apresentado na Figura 4.

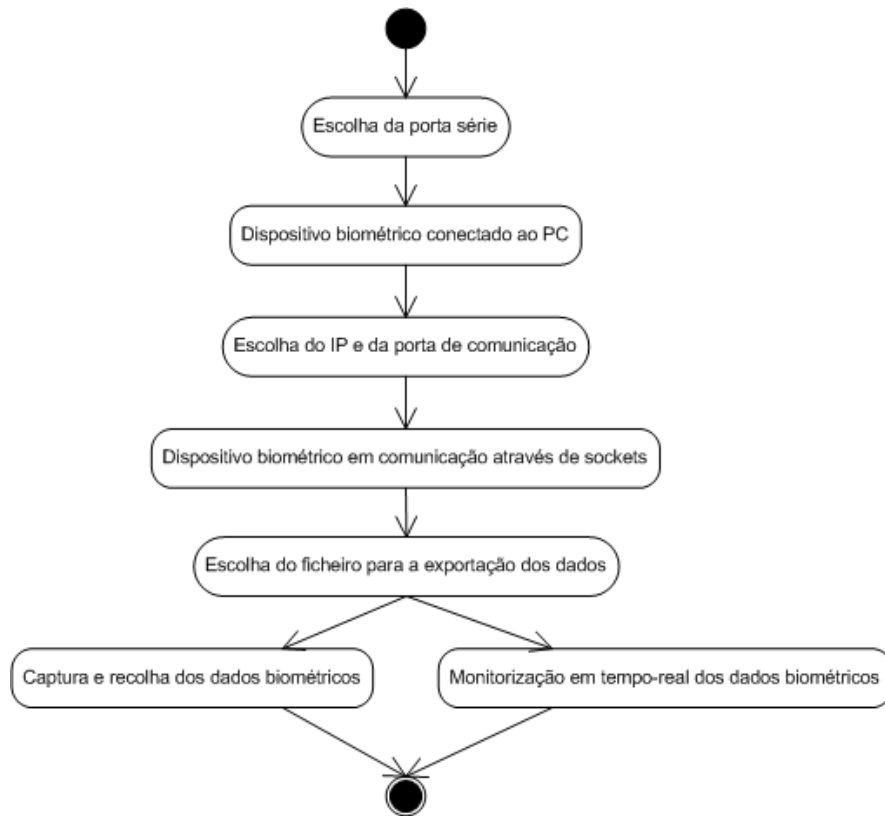


Figura 4: Diagrama de Actividades para a Aplicação do GSR

Esta aplicação, denominada *GSR Control Application*, foi inteiramente desenvolvida para satisfazer os requisitos deste estudo e visou essencialmente o encapsulamento e difusão dos sinais na rede TCP/IP, permitindo simultaneamente a monitorização em tempo-real quer dos sinais biométricos recolhidos quer informações de gestão do dispositivo biométrico. No subcapítulo 5.2.2 será apresentada uma descrição mais pormenorizada desta aplicação e as suas principais funcionalidades.

3.2 Processamento dos dados biométricos

O tratamento e desenvolvimento dos dados biométricos recolhidos aquando das sessões experimentais são exaustivamente verificados e validados nesta camada do sistema global, no sentido em que todos os dados são processados e analisados com o objectivo de extrair informações relevantes sobre o estado emocional do sujeito ao longo de toda a sessão experimental.

No que concerne ao pré-processamento dos dados, esta etapa permite preparar os dados biométricos recebidos através da rede TCP/IP de forma a serem posteriormente

processados e analisados permitindo desta forma a classificação emocional automática. São dois os métodos essenciais de pré-processamento aplicados neste sistema, acrescentando um terceiro que, se bem que importante, deve ser realizado manualmente.

A decimação⁴ é o primeiro dos processos atrás referidos e visa a recolha periódica de amostras de um dado conjunto de dados, tornando assim a sua variação mais lenta e suave de forma a permitir uma interpretação mais coerente e facilitada dos dados recolhidos. Na Figura 5 é apresentada a evolução temporal da actividade cerebral eléctrica captada a partir do EEG antes e após a decimação.

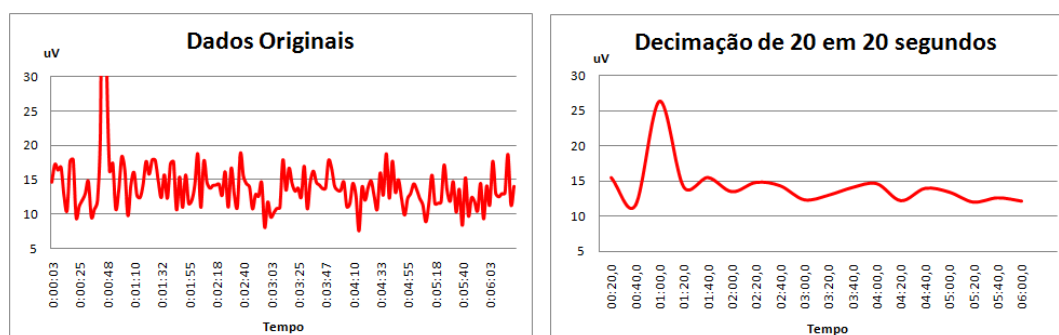


Figura 5: Dados EEG sem e com Decimação Provenientes de uma Sessão Experimental

Da observação do exemplo apresentado na figura anterior, a aplicação do método da decimação traz vantagens óbvias ao estudo posterior dos dados pois a sua caracterização e evolução no tempo estão mais claras e perceptíveis. No subcapítulo 5.1.1 será apresentado um desenvolvimento mais aprofundado da referida técnica, para assim sustentar e validar a sua utilização neste projecto.

O segundo método de pré-processamento atrás referido visa a remoção de picos causados por acontecimentos não controláveis durante as sessões experimentais. A estratégia adoptada para a correcta remoção destes picos consiste na criação de um valor limite, baseado no valor médio da amplitude do sinal durante a totalidade da sessão e que não deverá ser ultrapassado. Este procedimento viabiliza a interpretação de determinados intervalos de tempo das sessões experimentais que, dadas as suas características de variação da amplitude excessiva, poderiam vir a ser descartadas. Visto que as causas inerentes a estas anomalias são de origem não controlada, nomeadamente movimentos corporais por parte do sujeito e/ou ruídos externos, a

⁴ Decimação: No domínio discreto, a sequência decimada é obtida através da extracção de valores da sequência original em intervalos de tempo igualmente espaçados. (Oppenheim & Willsky, 1983)

informação contida nestas mudanças abruptas de amplitude é nula e não corresponde a alteração biométricas registadas pelos dispositivos face a induções emocionais expressamente aplicadas ao sujeito. Dada a importância deste método para a posterior classificação dos estados emocionais, este tema será mais desenvolvido no subcapítulo 5.1.2. Na Figura 6 é apresentada a comparação de uma sessão experimental completa registada pelo EEG sem a aplicação do método de remoção de picos com essa mesma sessão experimental, mas desta vez com o referido método de pré-processamento aplicado.

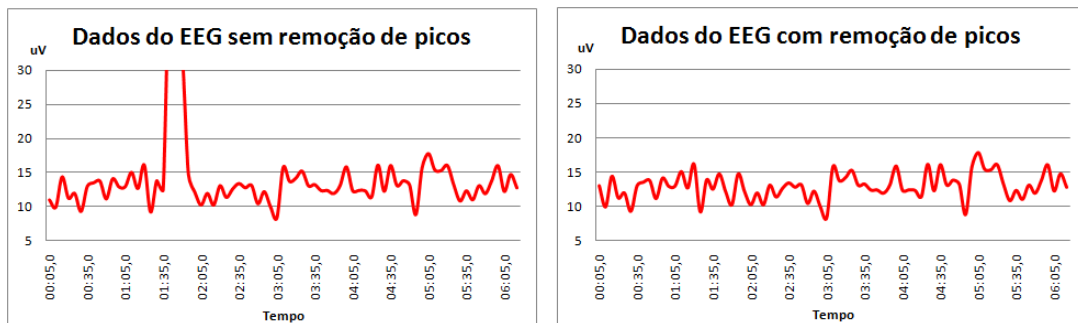


Figura 6: Dados EEG sem e com Remoção Picos Provenientes de uma Sessão Experimental

Por fim, e ainda no que respeita aos métodos de pré-processamento dos sinais biométricos, e derivado da experiência adquirida ao longo das sessões experimentais, foi necessário proceder a uma sincronização manual, o terceiro método atrás referenciado, que foi mais evidente nas primeiras sessões realizadas. Dados os diversos procedimentos a seguir aquando da realização das sessões experimentais, e a activação de três ferramentas de apoio distintas, existiram situações em que a sincronização entre o início da captura dos dados biométricos e a apresentação dos estímulos visuais ao sujeito não coincidiram, pelo que o seu ajuste manual era imperativo. No entanto, não foi dado especial ênfase a este procedimento pelo facto de que a sua utilização cingiu-se às três primeiras sessões experimentais. Não obstante, a sua referência neste documento é essencial para garantir a sustentabilidade de todo o estudo desenvolvido.

O próximo passo no sentido da classificação dos estados emocionais é o processamento dos dados, e é realizado após as estratégias de pré-processamento atrás apresentadas. Nesta secção incluem-se a aplicação das médias ponderadas, os gráficos por degraus e a política de descarte. A política de descarte é um método usado e aplicado a todas as sessões experimentais no sentido de verificar se todos os requisitos

de qualidade de captação e armazenamento dos dados foram cumpridos para assim se proceder à respectiva análise de uma forma correcta. No subcapítulo 4.5 será apresentada e desenvolvida toda a estratégia de descartes aplicada neste trabalho. No respeitante à aplicação das médias ponderadas, esta técnica é uma extensão à decimação e tem como objectivo principal evitar a perda de informação decorrente do próprio processo inerente à decimação. Ao invés de ser removida uma amostra em intervalos regulares e de igual amplitude, a amostra a ser removida é comparada com a imediatamente a seguir e é calculada a média ponderada, substituindo assim as últimas amostras referidas. Através da aplicação desta metodologia, conciliam-se os benefícios dos dois métodos isolados, por um lado a decimação permite a redução do número de amostras e assim obter uma distribuição temporal das amostras mais homogénea e menos complexa de analisar, e por outro lado as médias ponderadas evitam a perda de amostras.

A última estratégia de processamento de dados adoptada neste trabalho foi criada, desenvolvida e sucessivamente melhorada com a evolução das sessões experimentais realizadas aos sujeitos teste. Dado que foram utilizados conteúdos emocionais que se categorizaram em três patamares distintos, cada um correspondente a um estado emocional, tirou-se partido desta categorização no sentido de analisar o valor global da amplitude da actividade eléctrica em cada um destes estados emocionais. Desta forma obtiveram-se três degraus, cada um directamente relacionado com a amplitude média do sinal biométrico em causa para o respectivo estado emocional.

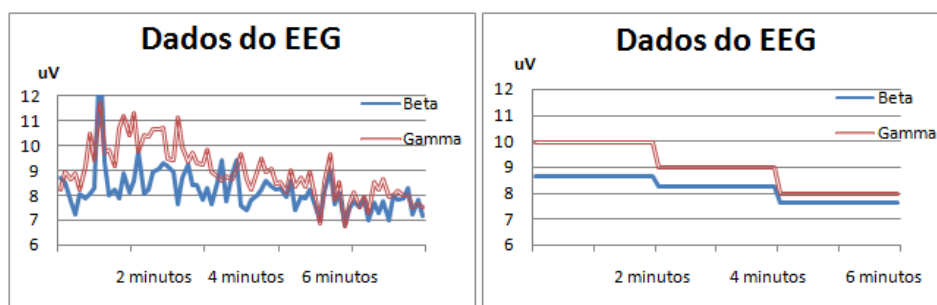


Figura 7: Aplicação da Estratégia do Gráfico de Degraus

A Figura 7 ilustra a aplicação desta estratégia que serviu de apoio à criação de um padrão comportamental da actividade cerebral eléctrica e posterior classificação do

estado emocional. Dada a extrema importância deste método, a sua filosofia e modo de funcionamento serão desenvolvidos mais pormenorizadamente no subcapítulo 5.1.3.

No sentido de melhor se compreender as estratégias aplicadas neste projecto e fornecer uma visão mais global e de mais alto nível das metodologias referidas, segue-se um diagrama com a arquitectura da segunda camada englobada na arquitectura global e que é apresentado na Figura 8. Neste diagrama existem dois tipos de actividades distintas, as que são realizadas manualmente e as que se realizam de forma automática. Devido à natureza e complexidade dos métodos relativos à aplicação da política de descarte a à sincronização do início das sessões experimentais, estes são realizados de forma não automática, requerendo assim a intervenção humana. Por outro lado, os gráficos por degraus representam uma estratégia adoptada no sentido de interpretar visualmente a evolução do estado emocional do sujeito com base na variação de amplitudes da actividade eléctrica cerebral. Desta forma, este processo é manual e opcional visto que a automatização da classificação emocional é realizada com base em outros métodos de análise. As actividades realizadas manualmente estão representadas na Figura 8 em forma tracejada.

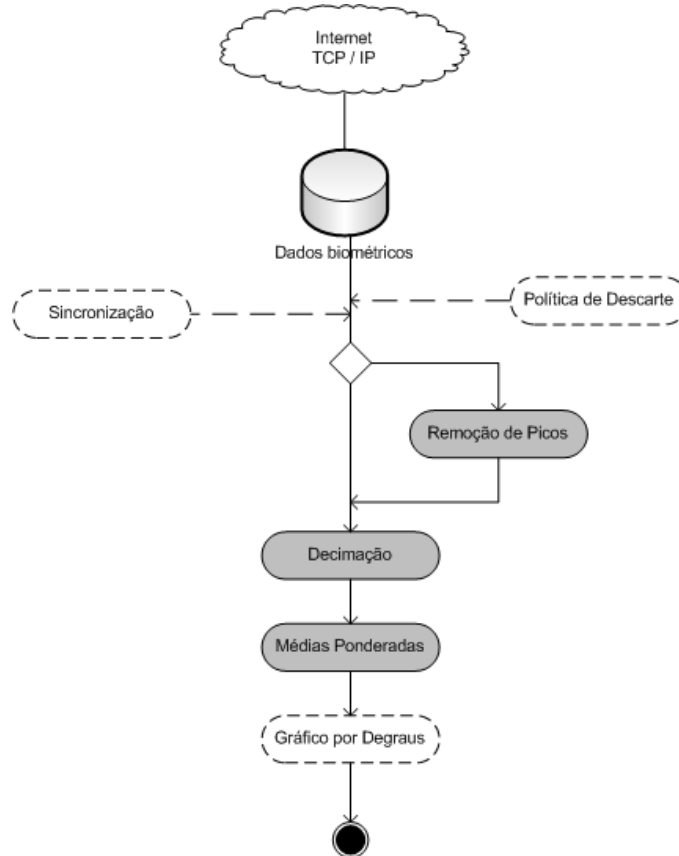


Figura 8: Diagrama das Estratégias de Processamento dos Dados

No que respeita às actividades que são realizadas automaticamente, estas integram uma das ferramentas de apoio usadas neste trabalho e descritas em mais detalhe no subcapítulo 5.2.1, estando representadas na figura anterior através de imagens com o fundo cinzento. Resta assim concluir que as metodologias até agora referidas e abordadas permitem a classificação emocional do sujeito e devem ser executadas seguindo a ordem específica e bem definida como a apresentada no diagrama anterior.

3.3 Classificação dos estados emocionais

A classificação dos estados emocionais representa a terceira camada integrada na arquitectura global deste estudo, bem como o culminar de todas as estratégias de abordagem e desenvolvimento até agora apresentadas. A criação e desenvolvimento de raiz de uma ferramenta capaz de, em modo *offline*, determinar automaticamente o estado emocional do sujeito com base nos dados biométricos captados e processados traduz-se no grande passo final de todo este trabalho e na abertura de novas fronteiras e projectos passíveis de serem futuramente desenvolvidos.

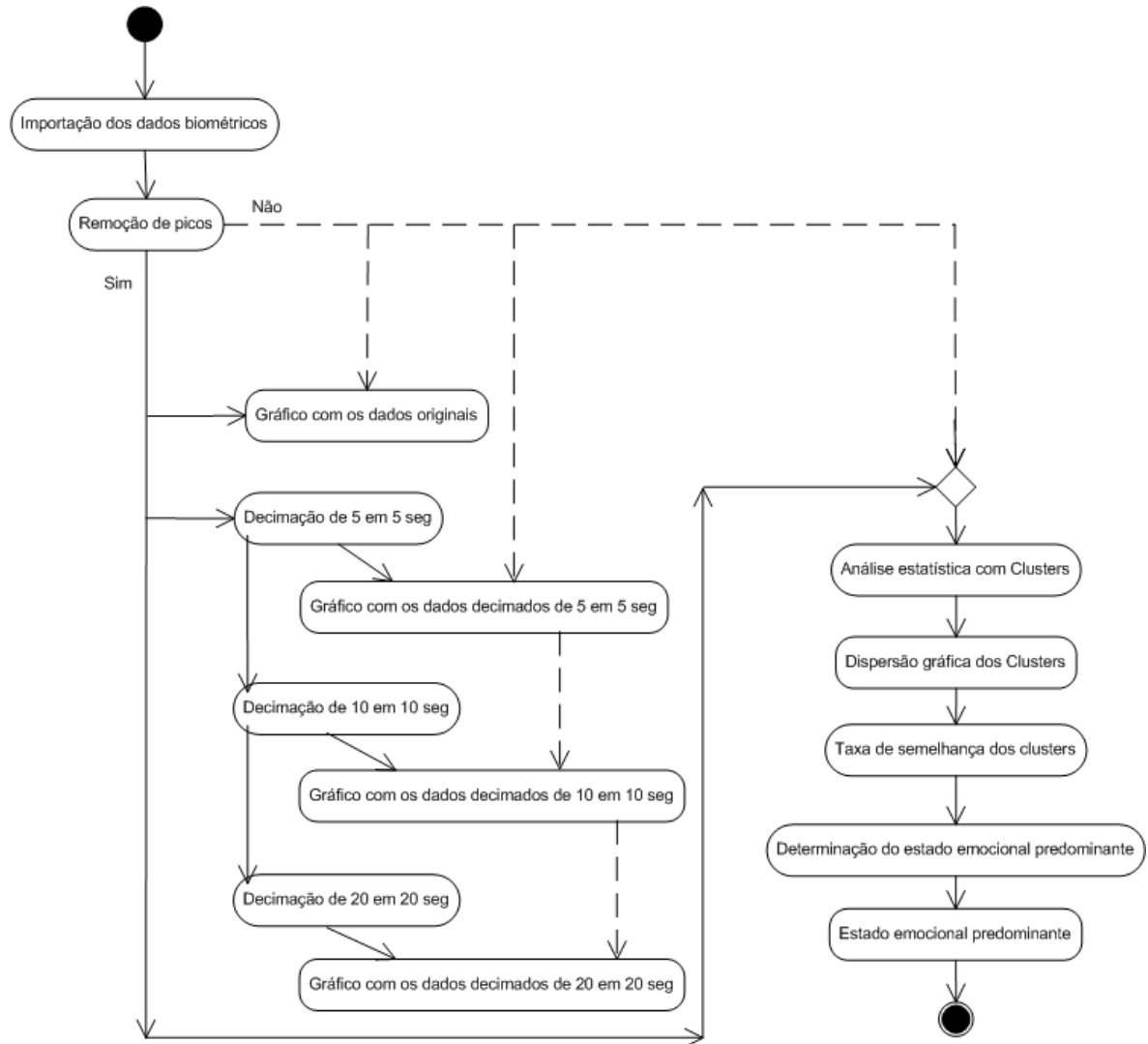


Figura 9: Diagrama de Atividades da EAT

A Figura 9 representa o diagrama de atividades da EAT – *Emotion Assessment Tool*, a ferramenta anteriormente referida capaz de realizar a classificação do estado emocional predominante do sujeito ao longo de toda a sessão experimental. Esta ferramenta integra os mecanismos de pré-processamento e processamento de dados apresentados, para além de um algoritmo estatístico responsável pela classificação emocional. Esta ferramenta será apresentada e as suas funcionalidades mais detalhadas num subcapítulo subseqüente 5.2.1. Do diagrama de atividades apresentado é importante salientar a integração dos diversos métodos de análise e processamento de dados, a apresentação dos gráficos com os dados originais e decimados aplicando ou

não a remoção de picos e ainda a apresentação da dispersão de pontos usando *clusters*, bem como a taxa de semelhança.

3.4 Interligação das ferramentas de apoio

A versatilidade é hoje em dia uma característica essencial para o sucesso de qualquer trabalho/investigação, e tal característica foi considerada fulcral ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Como referido anteriormente, a integração de ferramentas previamente desenvolvidas e agora reutilizadas e dinamizadas, permitiram um encapsulamento, difusão e captação dos dados de uma forma mais eficiente e eficaz. Por outro lado, a integração de módulos de software fornecidos aquando da aquisição dos dispositivos biométricos permite uma monitorização em tempo-real mais célere.

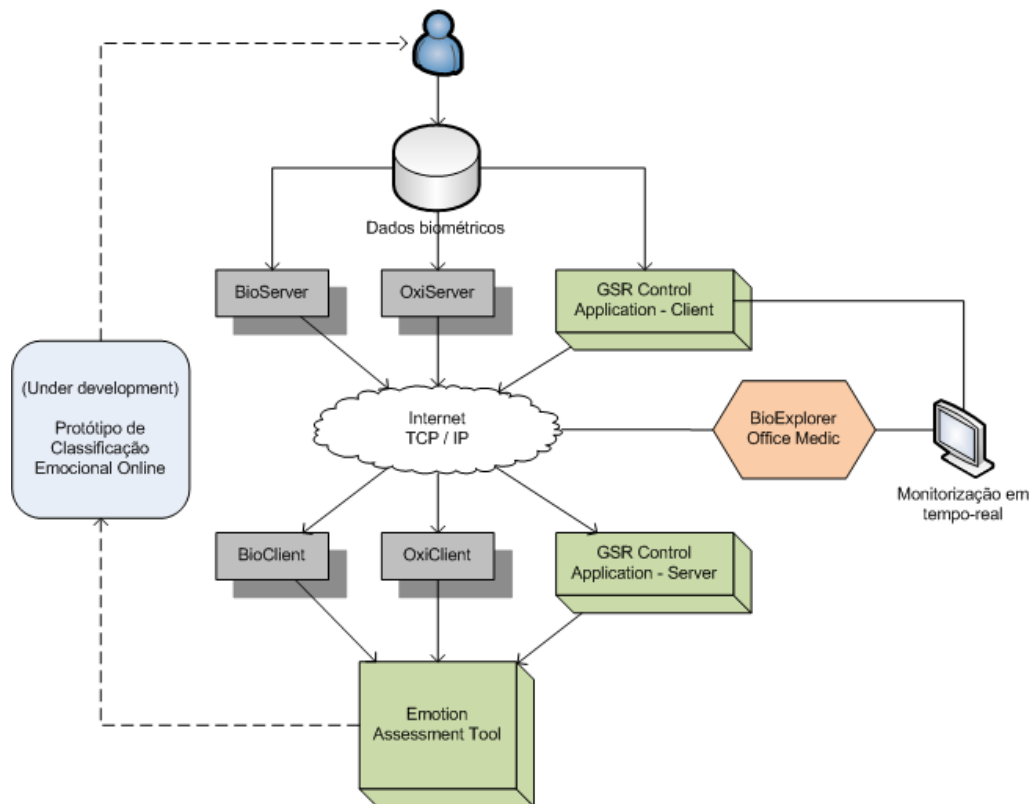


Figura 10: Diagrama de Interligação dos Módulos de Software

Na Figura 10 está presente a totalidade das ferramentas utilizadas ao longo deste estudo, a sua proveniência e integração em outros projectos. As ferramentas cuja cor de

fundo é a cinzenta representam aplicações desenvolvidas no passado e reutilizadas neste projecto; as de cor laranja são os módulos de software fornecidos com os dispositivos biométricos e utilizados para a monitorização em tempo real; a cor verde está associada a ferramentas desenvolvidas de raiz no âmbito deste projecto; e por fim a de cor azul está associada a um projecto de maior dimensão e ainda em fase de desenvolvimento.

Tendo bem presente a característica de versatilidade atrás mencionada, este projecto foi parcialmente integrado em dois projectos distintos, um já terminado e outro em fase de desenvolvimento. A reutilização das ferramentas de encapsulamento e difusão dos dados biométricos na rede TCP/IP permitiu a integração de um projecto de final de curso recentemente finalizado e cujo presente trabalho se integrou como uma continuação e aperfeiçoamento do trabalho até então desenvolvido. Do um ponto de vista futuro, este projecto integra-se no doutoramento em desenvolvimento por Vasco Vinhas, que irá tirar partido do trabalho até então desenvolvido e acrescentar novas funcionalidades, de onde se destacam a criação de uma plataforma multimédia que, através da classificação emocional do sujeito, desta vez em modo *online*, irá decidir qual o próximo conteúdo multimédia a apresentar e assim criar uma interacção clara entre o sujeito e a máquina, entre o cérebro humano e o computador.

3.5 Conclusões

Ao longo deste capítulo foram apresentados os interfaces de comunicação e os processos de funcionamento global de todo o sistema desenvolvido neste trabalho. No que concerne à arquitectura global, esta foi dividida em três camadas que se interligam. A primeira camada, a camada de recolha e difusão dos sinais biométricos, é responsável pela captura, encapsulamento e envio para a rede dos dados biométricos capturados ao sujeito-teste. A segunda camada, processamento dos dados biométricos, é encarregue de todos os processos de análise e tratamento dos dados biométricos, onde se salientam as médias ponderadas e a decimação, a remoção de picos, o gráfico por degraus e ainda o sincronismo inicial e a aplicação da política de descarte. Por fim foi abordada a fase da classificação dos estados emocionais, onde foi apresentado com recurso a um diagrama de actividades UML as principais funcionalidades associadas à ferramenta desenvolvida e responsável por esta classificação.

4 Metodologia

A realização experimental de testes no sentido de detectar o estado emocional do sujeito previamente estimulado é sustentada em metodologias já estudadas e testadas no sentido de majorar a qualidade dos resultados obtidos.

A pesquisa de um método capaz de realizar tal tarefa culminou na escolha de uma biblioteca de imagens, *IAPS – International Affective Picture System* (Lang & Bradley, 2005), em que as mesmas, previamente seriadas de acordo com os parâmetros em estudo, tal como o tipo de sujeito, o estado emocional ou o tipo de estudo pretendido, são capazes de induzir diferentes estados emocionais no sujeito. No subcapítulo 4.2.3 será apresentada uma abordagem mais aprofundada desta biblioteca bem como a sua utilização neste trabalho e ainda uma breve comparação com outros métodos alternativos.

Em conjunto com a referida biblioteca de imagens (IAPS), a selecção de imagens será apoiada num software desenvolvido por António Gomes (Gomes, 2007), o *IAPS Wizard*. Este programa permite escolher um número limitado de imagens a partir da biblioteca IAPS tendo em conta alguns parâmetros predefinidos.

Após uma criteriosa selecção das imagens e do sujeito, a realização da experiência implica ainda que o espaço onde irá decorrer seja controlado, no sentido de impedir que quaisquer factores externos à experiência interfiram nesta alterando assim os resultados finais.

Os métodos atrás referidos são essenciais para otimizar a qualidade dos dados obtidos aquando da sua recolha. No entanto, é necessária uma atenção especial se a captação dos dados for realizada através do EEG. Este processo abre portas a um novo desafio que tem sido muito investigado ao longo das últimas décadas, o posicionamento dos eléctrodos. No sentido de facilitar a comparação de resultados de investigações distintas espalhadas pelo mundo, as várias sociedades neurológicas existentes desenvolveram um sistema de posicionamento de eléctrodos mundialmente aceite, o *International 10-20 electrode placement system* (Jasper, 1958) (International 10-20 System, 1998), que será descrito mais pormenorizadamente no subcapítulo 4.1.1.

No que concerne ao tratamento dos dados obtidos, o software usado será preferencialmente o que está adaptado e aconselhado ao dispositivo de recolha de

dados considerado. Desta forma, a utilização do *BioExplorer* (consultar subcapítulo 5.2.3.1) permitirá a recolha dos dados proveniente do EEG, assim como o *Office Medic* (consultar subcapítulo 5.2.3.2) será também usado na recolha de dados obtidos através do oxímetro para a monitorização em tempo real. A utilização e integração destas ferramentas de apoio no desenvolvimento deste trabalho serão abordadas em subcapítulos subsequentes – 5.2.

4.1 Características, técnicas e posicionamento dos eléctrodos do EEG

Ao longo dos próximos subcapítulos serão apresentados ao leitor algumas das características e técnicas associadas ao electroencefalograma e ao seu funcionamento, nomeadamente a referência ao sistema internacional de posicionamento de eléctrodos 10-20 e algumas considerações relativas ao posicionamento dos eléctrodos e às suas localizações preferenciais para este estudo.

4.1.1 *International 10-20 Electrode Placement System*

Um dos principais factores que entusiasmou investigadores de todo o mundo a desenvolverem um sistema internacional para o posicionamento de eléctrodos do EEG deveu-se essencialmente à melhoria que este sistema iria introduzir no que respeita à comparação de estudos feitos por diferentes laboratórios relativamente à actividade eléctrica cerebral, de forma a uniformizar os resultados e as conclusões então obtidas.

Como resultado do esforço conjunto de sociedades neurológicas espalhadas por todo o mundo, foi desenvolvido um sistema de posicionamento dos eléctrodos no crânio, o sistema internacional 10-20 aprovado pela Federação Internacional de Electroencefalografia (Jasper, 1958). Com este sistema internacional pretende-se um conjunto de testes perfeitamente válidos e, na medida do possível, universais para a electroencefalografia, e cujas principais características são o formato *standard* para as medições, o uso de terminologia comum e o posicionamento anatomicamente correcto dos eléctrodos. São usadas marcas anatómicas bem conhecidas no crânio como pontos de referência para o desenvolvimento deste sistema. Segundo (Vitali & Avanzini, 2002), estas afirmações podem ser validadas através do trabalho desenvolvido ao longo

das últimas décadas e usando tecnologias diferentes e cada vez mais sofisticadas, de onde se destacam (Jasper, 1958) que usou cérebros de cadáveres, B.Hellstrom e B.Karlsson (1963) e ainda H.H.Moris e H.Lurders (1989) com o uso de raio-X, R.W.Homan (1987) através de *CT Scan*⁵ e mais recentemente P.A.Van der Elson (1991) com o apoio do *MRI*⁶.

A monitorização do sono é uma outra aplicação deste sistema, no entanto tem uma excepção, o número de eléctrodos usados é geralmente menor relativamente a um EEG completo.

A nomenclatura usada neste sistema consiste numa letra que corresponde à primeira letra da palavra identificativa da zona cerebral em questão, de tal forma que, por exemplo, F representa a zona Frontal e P a zona Parietal. As principais áreas cerebrais, e as que serão mais usadas ao longo deste trabalho, são a Frontal – F, a Parietal – P, a Temporal – T, a Occipital – O e a Central – C. Adicionalmente à identificação das zonas cerebrais, pode ainda existir um índice Z que indica a linha média, e ainda um valor numérico, que é par se se tratar de uma zona no hemisfério direito, e ímpar se se localizar no esquerdo. Para finalizar, os índices organizam-se de forma crescente da linha média para o exterior. Considerando o ponto P₃, esta nomenclatura indica que a localização do eléctrodo será na região Parietal e no hemisfério esquerdo. A Figura 11 constitui uma imagem representativa das localizações mais pertinentes dos eléctrodos usando o sistema internacional de posicionamento de eléctrodos 10-20.

⁵ *CT Scan: Computed Tomography Scan* usa equipamentos de raio-X especiais para produzir múltiplas imagens do corpo humano, e com a ajuda de um computador essas imagens são juntas de forma a produzir uma secção da zona a estudar (Computer Tomography Scan, 2007)

⁶ *MRI: Magnetic Resonance Imaging* usa um forte campo magnético, ondas rádio e o apoio de um computador para produzir imagens detalhadas órgãos, tecidos, ossos e outras estruturas internas do corpo humano (Magnetic Resonance Imaging, 2007)

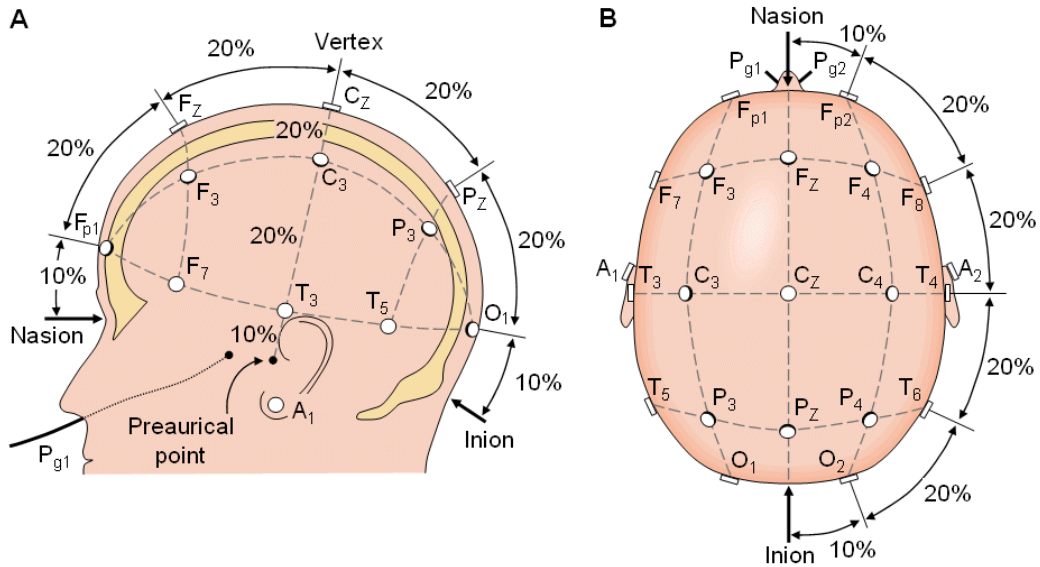


Figura 11: O sistema Internacional 10-20 visto de Perfil (A) e de Cima (B)
(International 10-20 System, 1998)

Para além do sistema atrás apresentado, é possível obter um EEG mais detalhado tirando para tal partido da Nomenclatura Combinatória Modificada⁷. Este novo sistema de nomeação de eléctrodos é mais complexo e é necessário proceder à inclusão de um ou mais eléctrodos extra. Para este caso, os índices associados às letras representativas da zona cerebral são 1,3,5,7 e 9 para o hemisfério esquerdo e os índices 2, 4, 6, 8 e 10 para o direito. É devido à criação de novos índices que o sistema se mantém funcional aquando da introdução de novos eléctrodos extra.

Na prática, a determinação do ponto onde se deverá proceder à colocação do eléctrodo é baseada em dois procedimentos: por um lado a determinação do perímetro total do crânio, e por outro a detecção de marcas anatómicas no crânio de forma a usá-las como pontos de referência para posterior posicionamento dos eléctrodos.

Após executados os procedimentos anteriores, é necessário calcular as distâncias exactas dos pontos onde futuramente serão colocados os eléctrodos tendo sempre em conta os pontos referência. Essas distâncias são obtidas através do perímetro total do crânio, em valores que variam entre 10% a 20% donde resulta a atribuição do nome Sistema Internacional 10-20 ao método que tem vindo a ser apresentado ao longo deste capítulo.

⁷ MCN – Modified Combinatorial Nomenclature

A principal vantagem do uso de distâncias variáveis (10% e 20% do perímetro total do crânio) provém do facto de que a forma, dimensão e marcas anatómicas no crânio humano são únicas em cada pessoa, pelo que a adaptação das medidas aos pacientes é muito importante.

Podem referir-se várias vantagens relativas à aplicação deste Sistema Internacional 10-20, entre as quais se destacam a aplicação de um método mundialmente aceite e perfeitamente normalizado, a exactidão dos valores das tensões obtidas, muito próximos dos reais tendo em conta rigorosos estudos desenvolvidos para determinar valores independentes da forma e tamanho do crânio, e a reprodutibilidade do sistema, ou seja, testes realizados em locais distintos ao mesmo paciente devem ser muito idênticos. (Lang & Bradley, 2005)

4.1.2 Posicionamento e montagem dos eléctrodos

O posicionamento dos eléctrodos do EEG é um tema muito vasto e que tem vindo a ser discutido ao longo dos últimos séculos. Como referido no subcapítulo 4.1.1, o tema tem sido muito estudado e grandes progressos têm vindo a ser obtidos, essencialmente graças ao sistema internacional 10-20.

No entanto, do posicionamento dos eléctrodos advém outro problema que se relaciona com a sua montagem. A montagem dos eléctrodos do EEG no crânio humano é um tema muito controverso e cuja discussão e investigação assentam essencialmente no confronto entre o método monopolar em *versus* bipolar.

O posicionamento monopolar dos eléctrodos, também usualmente referido como unipolar, refere-se à condição em que o eléctrodo de referência – o responsável pela recolha dos dados) – é posicionado num ponto onde a actividade eléctrica cerebral de interesse para a experiência é pouco significativa ou mesmo nula. Por outro lado, o posicionamento bipolar reflecte a condição em que ambos os eléctrodos de referência são posicionados de tal forma que tenham aproximadamente igual oportunidade de captar a actividade cerebral de interesse. A Figura 12 representa um exemplo do posicionamento dos eléctrodos para o caso monopolar e bipolar.

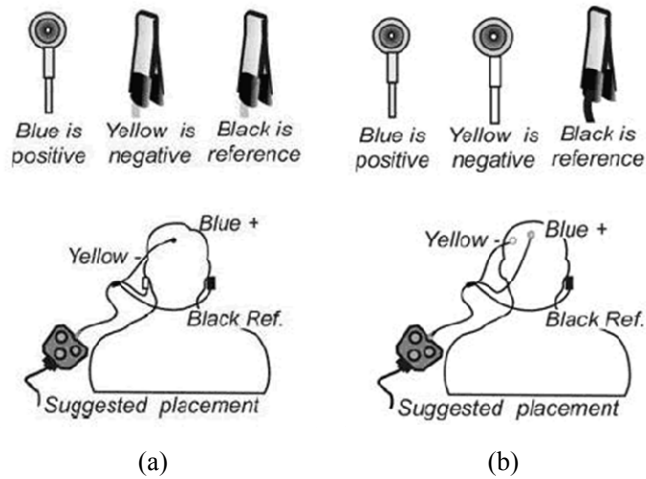


Figura 12: Posicionamento dos Eléctrodos (a) Monopolar, (b) Bipolar (Monopolar / Bipolar EEG Electrode kit, 2001)

De acordo com Fehmi e Sundor (1989) (Fehmi & Sundor, 1989), na data da publicação do seu trabalho, o método de posicionamento de eléctrodos mais utilizado para a área do *biofeedback*⁸ e da electroencefalografia clínica era o bipolar, e na década de 90, o número de artigos publicados baseados nesse mesmo método era cerca de cinco vezes superior aos baseados no monopolar.

4.1.2.1 O ponto de referência ou massa

O potencial eléctrico não pode ser medido num ponto isolado, mas sim através da diferença entre dois pontos. Todas as medições do potencial eléctrico, incluindo potenciais bioeléctricos do corpo humano representam a diferença da actividade eléctrica em dois pontos distintos. Desta forma é necessário tomar esta característica em consideração aquando da interpretação de dados proveniente do EEG.

Idealmente, o ponto de referência deverá ser posicionado tal que seja electricamente estável e que não contribua com flutuações de natureza eléctrica para a medição do potencial em causa. Naturalmente que esse ponto não existe no corpo humano, e esta situação cria um problema relativo à escolha do ponto de referência para a medição de bio-potenciais. Este problema é um assunto de debate entre as

⁸ *Biofeedback*: É uma técnica baseada no princípio de integração entre o corpo e a mente, assumindo que a pessoa será capaz de alterar ou controlar vários fenómenos psico-fisiológicos (stress, relaxamento, etc.) e biológicos (tensão muscular, temperatura da pele, etc.) do seu próprio corpo. (Rosa & Soares, 2007)

equipas de investigadores e leva a discussões relativas ao uso do método de posicionamento de eléctrodos monopolar ou bipolar.

Na Figura 13 está representada a comparação entre sinais obtidos a partir da actividade eléctrica cerebral quando o posicionamento dos eléctrodos é realizado em modo bipolar e monopolar.

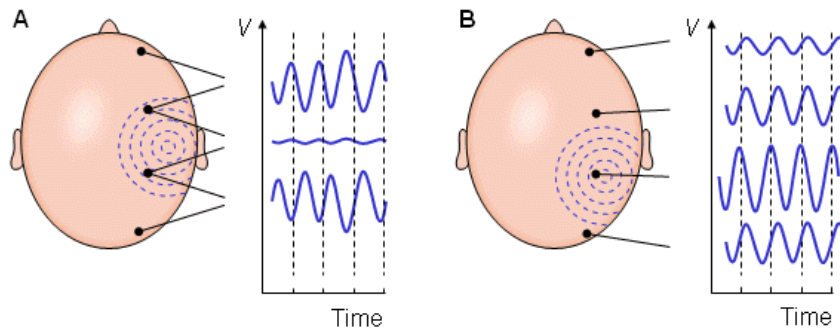


Figura 13: Sistema de Medição Bipolar (A) e Unipolar (B). (International 10-20 System, 1998)

4.1.2.2 Método monopolar versus método bipolar

Considere-se o caso em que se pretende monitorizar a actividade cerebral através do método bipolar para o posicionamento dos eléctrodos, o que significa que ambos os eléctrodos, por exemplo A e U, são colocados no crânio, e que as ondas cerebrais captadas estão perfeitamente em fase e tem a mesma amplitude relativamente ao ponto de referência G (que se encontra afastado). Nesta situação, o resultado dos dados captados seria uma linha perfeitamente horizontal, o que poderia indicar a igualdade de amplitude das ondas cerebrais ou a inexistência de qualquer actividade cerebral. Ambos os casos seriam indistinguíveis.

Tomando agora em conta a utilização do método monopolar, e para tal a colocação de um ponto de medição no crânio e o outro num ponto distante – o ponto de referência. Neste caso não existiria qualquer dúvida na interpretação dos dados obtidos, pois a linha horizontal só se iria manifestar no caso de inactividade cerebral. Desta forma, poderíamos concluir que o posicionamento de eléctrodos pelo método monopolar produz resultados mais precisos e, segundo as condições atrás referidas, é o método preferível para a determinação de actividade cerebral com o EEG. (Fehmi & Sundor, 1989)

De forma a valorizar ao máximo os dados obtidos através do EEG, os resultados deverão ser directamente relacionáveis com as funções do sistema que está a ser investigado, dado que um dos principais propósitos da medição da actividade eléctrica cerebral é a pesquisa de correlações entre os sinais e os processos fisiológicos, psicológicos e comportamentais. Como referido, a utilização do método bipolar poderá causar confusões na interpretação do sinal devido à destruição e distorção causados no processo de captura dos dados. Pelo contrário, o posicionamento dos eléctrodos pelo método monopolar permite a captura de todos os dados relevantes provenientes do EEG sem perdas e sem distorções, de acordo com as condições atrás apresentadas. (Fehmi & Sundor, 1989)

De qualquer modo, a medição da actividade cerebral não pode ser assim simplificada. O método monopolar agora referido traz alguns inconvenientes derivados do afastamento dos eléctrodos. A diferente actividade cerebral em cada um dos pontos, combinada com um vasto leque de outras actividades bioeléctricas como o movimento dos olhos, batimento cardíaco e movimentos musculares (denominados artefactos), e ainda o efeito de antena produzido pelos fios de ligação dos eléctrodos criam muitos sinais indesejados e muitas vezes não identificados (Fehmi & Sundor, 1989).

Actualmente, a sofisticação e desenvolvimento das tecnologias permitiu desenvolver filtros mais eficazes, aparelhos de medição mais precisos e, no final, interpretações da actividade cerebral mais satisfatórias e compensadoras, tal que a interacção *BCI* tem vindo a obter resultados extraordinários nos últimos anos.

Segundo Goff W.R. (Goff & ET AL., 1974), a utilização de um eléctrodo de referência com duas interligações colocadas nos lóbulos das orelhas permite obter resultados bastante satisfatórios no âmbito das investigações dado que existe um rácio bem definido entre a actividade cerebral no hemisfério esquerdo e no direito.

Concluindo, excepto para as condições em que a utilização do método bipolar seja estritamente necessária (por exemplo, o uso clínico do EEG para a localização de tumores), o uso da técnica monopolar está directamente associada a um gasto de tempo experimental e clínico inferiores, e ainda um menor esforço implementacional no que diz respeito a técnicas de supressão de ruído e artefactos.

4.1.3 Localização preferencial dos eléctrodos

A localização preferencial dos eléctrodos para a captação das ondas cerebrais é um tema controverso e em constante “actualização”, pois a difícil tarefa de cartografar o cérebro humano está longe de estar terminada.

“A localização por si só não é necessariamente informativa, excepto se tal localização implica o estudo de comportamentos e tira vantagem do conhecimento funcional da rede neural relativamente às emoções” (Allen & Kline, 2004)

De uma forma geral, e a partir de estudos realizados ao longo da última década (Chanel & ET AL., 2005)(Aftanas & ET AL., 2006) (Aftanas & ET AL., 2004) (Rusalova & ET AL., 2003) (Ebrahimi & ET AL., 2003), observou-se que a indução de emoções produz, paralelamente a outras funções, padrões individuais e distintos na distribuição das características da amplitude e frequência das ondas cerebrais humanas. Estes padrões têm vindo a ser estudados e interpretados no sentido de localizar a probabilidade da ocorrência de uma maior actividade cerebral decorrente de uma indução emocional premeditada.

Segundo Aftanas (Aftanas & ET AL., 2002), a influência da indução emocional no comportamento da actividade cerebral está restringida à zona cortical posterior, e se essa mesma indução for com um elevado valor de excitação, a influência é predominante na zona posterior direita do cérebro.

Um dos trabalhos desenvolvidos por Damásio (Damásio, 1994), a danificação de determinadas áreas do cérebro provoca alterações significativas, mais especificamente, a danificação dos córtices prefrontais ventromediais que comprometem de maneira consistente tanto o raciocínio/tomada de decisão como as emoções/sentimentos, especialmente no domínio pessoal e social.

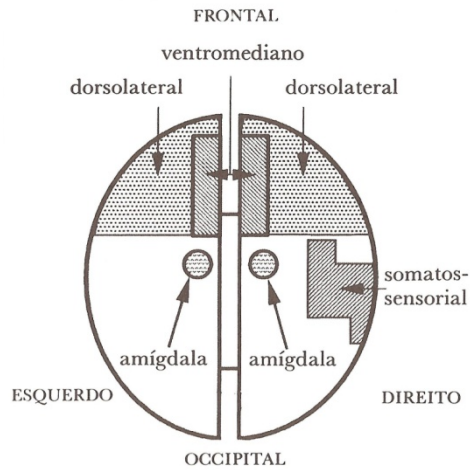


Figura 14: Diagrama Esquemático da Localização de Diversas Áreas Cerebrais

Um artigo publicado em 2006 (Aftanas & ET AL., 2006) descreve um estudo exaustivo sobre o efeito da indução de emoções na actividade cerebral humana e com a ajuda de um EEG com 62 eléctrodos registou os sinais captados. Desta forma, permitiu estudar separadamente cada zona do cérebro e o efeito resultante após a indução de estados emocionais distintos. Foram considerados seis estados emocionais distintos desde alegria até tristeza e a partir deste trabalho puderam-se retirar várias conclusões e definir de uma forma mais clara a localização cerebral onde a actividade eléctrica é mais activa aquando da indução de um estado emocional. Considerando a Figura 15 a seguir apresentada, estão representados diversos gráficos que indicam a variação da actividade cerebral após a indução de um estímulo emocional positivo no primeiro caso e negativo no segundo, comparativamente ao estado emocional neutro. O símbolo * indica uma diferença bastante significativa da actividade cerebral face ao estado neutro. Estão também representadas as zonas cerebrais consideradas no estudo, e identificadas segundo a mnemónica: Fp – Frontal Parietal, AT – Anterior Temporal, F – Frontal, FC – Frontal Central, C – Central, CP – Central Parietal, PT – Parietal Temporal, P – Parietal e O – Occipital.

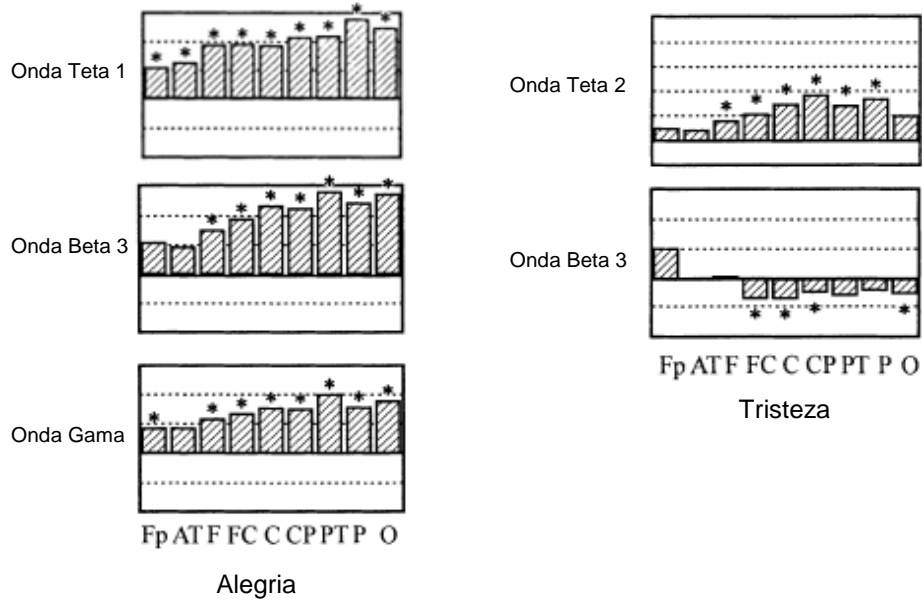


Figura 15: Variação da Actividade Cerebral. Adaptada de (Aftanas & ET AL, 2006)

Devido às limitações do EEG no respeitante ao número de eléctrodos (três), é imprescindível determinar um ponto cuja localização esteja otimizada relativamente à variação da amplitude das ondas cerebrais quer na alegria quer na tristeza. Desta forma, e da observação dos gráficos acima representados, a zona FC – Frontal Central e C – Central são aquelas cuja variação da amplitude é mais significativa para ambos os estados emocionais.

Os resultados esperados devem assim demonstrar que, aquando da indução de um estado emocional positivo no sujeito - a alegria -, a actividade cerebral eléctrica terá uma variação positiva, e se a indução emocional corresponder a um estado de tristeza, então a variação será positiva se se considerar a onda Teta 2⁹, e negativa se a Beta 3¹⁰. Uma consulta atenta do estudo atrás referido (Aftanas & ET AL., 2006) e a observação de todos os gráficos permite inferir que as ondas Teta, Beta e Gama são de uma forma geral as que têm uma variação mais significativa após a indução de um estímulo emocional.

⁹ Teta 2 : de 6 a 8 Hz

¹⁰ Beta 3: de 22 a 30 Hz

4.2 Métodos para a indução de emoções

De entre os métodos de indução emocional abordados no Enquadramento Teórico, subcapítulo 2.3, aquele que é o mais apropriado para este estudo é a apresentação do conteúdo multimédia ao sujeito teste, conteúdo esse que é constituído por um conjunto de imagens qualificadas e seriadas como descrito em 4.3.3. O conjunto de imagens referidas constitui parte de um trabalho desenvolvido por Lang (Lang & Bradley, 2005) na Universidade de Florida, nos Estados Unidos da América e denomina-se biblioteca de imagens *IAPS*, tema que será apresentado no subcapítulo 4.2.3.

4.2.1 Modelo tripartido de classificação emocional

As emoções vistas de uma perspectiva dimensional foram discutidas por um grande número de teóricos ao longo dos anos, de onde se destacam (Wundt, 1904), (Mehrabian, 4, 1995) e (Mehrabian & Russel, 1974) e (Watson & Tellegen, 1985). Num dos trabalhos realizados por Osgood (Osgood & Suci, 1957), refere-se que “as emoções podem ser definidas por uma coincidência de valores num estratégico número de dimensões”. Deste trabalho concluiu-se que a variação na avaliação e classificação das emoções pode ser analisada segundo três níveis distintos: a afectividade, o excitação e o domínio. Estes três níveis de análise do estado emocional caracterizam-no assim num modelo tripartido (Barteneva, 2006). Dos três níveis referidos, a afectividade e o excitação englobam o nível primário, e por sua vez o domínio é constituinte do nível secundário (Lang & Bradley, 2005).

Dada a natureza experimental deste método, a sua implementação necessitava imprescindivelmente de estratégias e abordagens experimentais sólidas e bem sustentadas. Em 1980 Lang desenvolveu um sistema denominado SAM – *Self Assessment Manikin* (Lang & Bradley, 2005), um sistema de avaliação das respostas emocionais baseado nos três grandes níveis atrás mencionados. Este sistema apoiava-se essencialmente num modelo gráfico de avaliação, apresentado na Figura 16. Assim sendo, o estado emocional de um sujeito-teste era avaliado de acordo com os três níveis associados a este método, permitindo uma classificação emocional do conteúdo

apresentado. Da Figura 16 observa-se que a dimensão da afectividade varia desde um estado emocional agradável, também associado a alegria, a um estado desagradável, que por sua vez se relaciona com tristeza. Juntamente com a variação decrescente da “agradabilidade” do sujeito-teste face ao estímulo emocional presente, segue um conjunto de imagens indicativas do estado emocional correspondente, ou seja, o estado de alegria é acompanhado por um diagrama alegre, e um estado triste é acompanhado por um diagrama que transparece tristeza. De forma idêntica à afectividade, a dimensão do comportamento tem uma variação contínua e decrescente desde o estado de excitação até ao estado de calma e relaxamento. Mais uma vez ao longo da escala emocional são presentes pequenos diagramas indicativos do estado emocional em causa, pelo que a excitação é representada por um diagrama que indica energia e movimento, e a calma por um diagrama sem qualquer indício de movimento, apenas calma e também apatia. Por fim e relativamente ao nível domínio, o seu comportamento é em tudo semelhante aos dois anteriormente referidos, com uma variação desta vez crescente desde dominado a dominante, acompanhada de um diagrama de pequenas dimensões associado ao estado dominado até a um diagrama de maiores dimensões relacionado com o estado dominante.

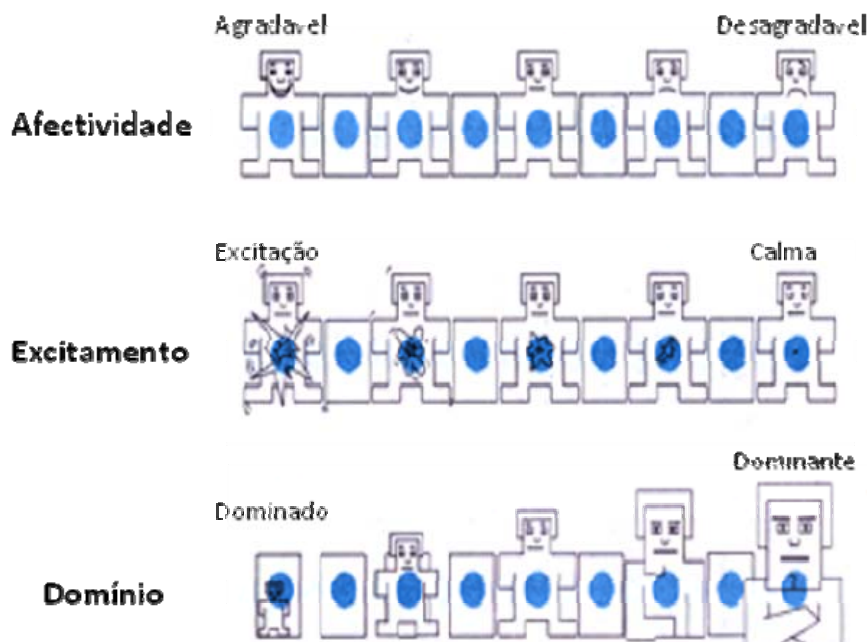


Figura 16: SAM – Self Assessment Manikin (adaptado de (Lang & Bradley, 2005))

Visto que este método pretende não só qualificar mas também quantificar a resposta emocional do sujeito-teste a um dado estímulo, a cada nível/dimensão do modelo SAM está associada uma escala numérica que varia desde 1 a 9, sendo que o limite inferior representa o estado emocional de tristeza para o nível da afectividade, calma para o nível do excitação e dominado para o nível de domínio. Por sua vez o limite superior, o valor 9, representa os estados emocionais opostos, alegria para o nível de afectividade, excitação para o nível do excitação e dominante para o nível de domínio.

A aplicação deste método pode ser executada de várias formas, de entre as quais se destaca auto-avaliação por parte do sujeito (Lang & Bradley, 2005). Após o visionamento de um determinado conteúdo multimédia, que pode ou não ser previamente classificado, o sujeito atribui um valor para cada um dos três níveis associados ao modelo SAM, de tal forma ficará assim quantificado o efeito do conteúdo multimédia causado no sujeito e a possível alteração ou indução de um determinado estado emocional.

Através deste método é possível determinar, ainda que de uma forma superficial e em função do factor incerteza associado à resposta, o estado emocional de um sujeito-teste após a apresentação de um determinado conteúdo cuja função é a indução emocional.

4.2.2 O espaço afectivo

A quantificação e qualificação do estado emocional induzido no sujeito-teste podem ser apoiadas através do uso de um espaço afectivo. O espaço afectivo é constituído por uma representação bidimensional da afectividade e do excitação, ambos pertencentes ao nível primário da divisão efectuada de acordo com o modelo SAM abordado no subcapítulo 4.2.1. O eixo das ordenadas representa a afectividade, que pode variar de desagradável (1) até agradável (9) e o das abcissas o excitação, que varia desde calma (1) até excitação (9). É ainda importante referir que cada ponto no gráfico representa a quantificação do sujeito a um dado conteúdo multimédia apresentado relativamente à afectividade e à excitação. Na Figura 17 estão apresentados 3 casos distintos desenvolvidos por Lang (Lang & Bradley, 2005). No

caso (a) foi efectuada uma sessão experimental com a apresentação de imagens a sujeitos indiferenciados, no caso (b) apenas a homens e no caso (c) apenas a mulheres.

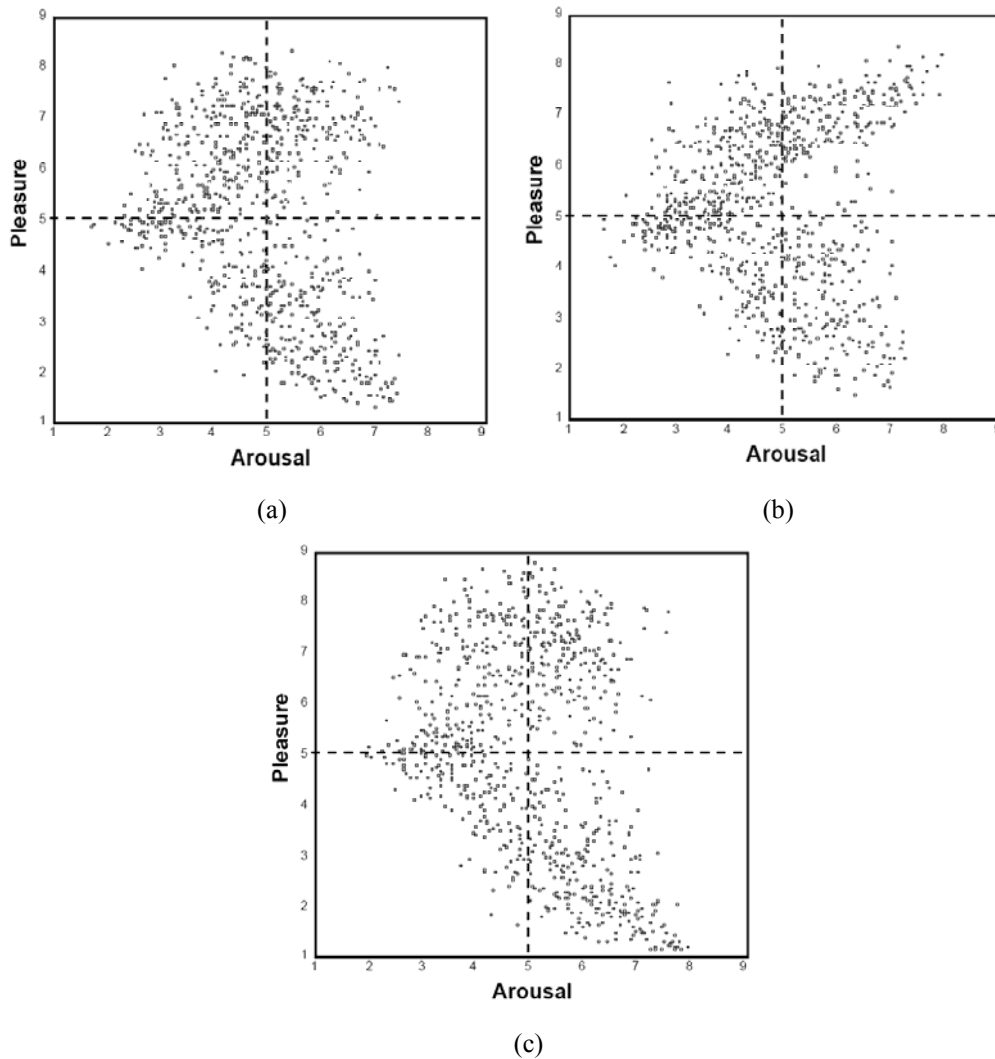


Figura 17: Exemplo Aplicativo do SAM, (a) no Caso Geral, (b) em Homens e (c) em Mulheres (Lang & Bradley, 2005)

Tendo em linha de conta que os gráficos apresentados correspondem ao comportamento padrão em termos de afectividade e excitação para uma sessão experimental de apresentação de conteúdos multimédia (imagens integradas na biblioteca de imagens IAPS apresentada no subcapítulo 4.2.3) a um dado sujeito-teste, podem-se obter várias conclusões importantes. Em primeiro lugar, é possível observar que a qualidade do material usado nas sessões experimentais é elevada de tal forma que a distribuição dos pontos no gráfico é abrangente e dispersa, o que permite concluir que as fotografias usadas estimulam a afectividade e o excitação. Existem

fotografias que apresentam um valor para a afectividade muito baixo, próximo da unidade, o que significa que o sentimento provocado é de profunda tristeza e outras que por outro lado apresentam valores elevados o que corresponde a um enorme contentamento. No que respeita ao nível do domínio, mais uma vez se pode observar que a escala é totalmente percorrida, desde valores próximos da unidade, que indicam que o sujeito testado sente-se dominado, até valores aproximados a 8 em que o sentimento do sujeito é dominante.

É notável a presença de imagens agradáveis (valores para a afectividade superiores a 5) ao longo de grande parte da escala do excitação; a metade superior dos gráficos contém inúmeros pontos espalhados por níveis de excitação que variam ao longo de toda a sua escala, o que sugere que o grau de excitação está, em determinados casos, pouco relacionado com a afectividade. Por outro lado, imagens que apresentem baixos valores para a afectividade tendem a estar situadas no quarto quadrante do gráfico, ou seja, na região de elevado excitação. É simples compreender esta característica com um exemplo que evidencia o inverso: é pouco comum uma imagem provocar um sentimento de tristeza e simultaneamente transparecer calma.

Por último, imagens cuja avaliação para a afectividade resultou em valores neutros demonstram valores relativamente baixos (inferiores a 5) para o excitação, o que leva a concluir que é pouco provável uma imagem estimular indiferença ou apatia, na escala da afectividade, e ao mesmo tempo calma ou mesmo excitação.

A partir das conclusões obtidas da observação do espaço afectivo das imagens integradas na biblioteca *IAPS*, e de acordo com (Morris, 1995), um estudo que observou a eficiência do método SAM na apresentação de conteúdos publicitários, cada um dos quatro quadrantes representativos do espaço afectivo é caracterizado por um comportamento emocional específico. A Figura 18 constitui uma representação dos quadrantes referidos.

High Pleasure Low Arousal	High Pleasure High Arousal
Low Pleasure Low Arousal	Low Pleasure High Arousal

Figura 18: Quadrantes do Espaço Afectivo (Morris, 1995)

Conteúdos cujos valores para a afectividade e o excitação são elevados – valores próximos de nove - encontram-se no primeiro quadrante e correspondem a conteúdos alegres e simultaneamente causadores de excitação. No quadrante oposto, o terceiro, conteúdos com valores para a afectividade e excitação baixos – perto do valor unitário – estão posicionados no terceiro quadrante. Um raciocínio idêntico permite inferir quanto à localização dos quadrantes no espaço afectivo e respectivos valores de afectividade e excitação.

No capítulo 6 são apresentados os espaços afectivos correspondentes às imagens apresentadas nas duas categorias de sessões experimentais, as apresentadas a homens e a mulheres.

4.2.3 A biblioteca de imagens IAPS

A biblioteca de imagens *IAPS* é uma mais-valia para o desenvolvimento deste trabalho no sentido em que constitui uma base de apoio para a elaboração de toda a componente experimental e respectiva análise dos resultados obtidos. Foi desenvolvida no sentido de criar um conjunto de conteúdos multimédia completamente classificados e seriados quanto ao seu efeito num sujeito teste relativamente às alterações do estado emocional. Esse conteúdo multimédia constitui um vasto conjunto de fotografias emocionalmente evocativas e internacionalmente reconhecidas que incluem uma quantidade de categorias semânticas muito abrangente.

A existência desta biblioteca fotográfica com valores normalizados para os estímulos permite por um lado um maior controlo sobre a selecção de estímulos emocionais a usar, e por outro facilita a comparação dos resultados de experiências realizadas noutras ocasiões e mesmo em laboratórios diferentes.

A aplicação do sistema *SAM*, tal como referido anteriormente, permite quantificar as emoções de acordo com os estímulos aplicados ao sujeito. Lang e Bruce, fundadores do sistema *IAPS* realizaram testes exaustivos aplicando algumas das metodologias atrás referidas (Lang & Bradley, 2005). Esses testes foram executados em sujeitos de ambos os sexos e em crianças, com base numa biblioteca de imagens. Desses testes resultaram três conjuntos de imagens completamente quantificadas e

analisadas através do sistema *SAM*, que englobam as imagens aplicadas a todos os sujeitos, apenas a homens e apenas a mulheres.

A utilização dos resultados e das conclusões obtidas a partir dos estudos de Lang (Lang & Bradley, 2005) implicaram uma forte verificação de todos os procedimentos e técnicas usadas no sentido de tornar este método aceite na comunidade científica. Desta forma foram criadas normas e procedimentos que foram rigorosamente seguidos durante as sessões experimentais e que são uma óptima base para a execução das sessões experimentais deste trabalho.

De um modo geral, cada sessão experimental consiste num conjunto de 60 imagens da biblioteca *IAPS* que variam relativamente à afectividade e ao excitação. A avaliação das imagens, tendo como base o sistema *SAM*, é feita em função da afectividade, do excitação e do domínio. No total existe um conjunto de novecentas e quarenta e cinco imagens, ordenadas em dezasseis conjuntos de sessenta imagens cada.

A Tabela 1 a seguir apresentada é constituída por três imagens arbitrárias, incluídas na biblioteca *IAPS* e pertencentes ao grupo das imagens aplicadas a mulheres.

desc	IAPS	valmn	valsd	aromn	arosd	dom1mn	dom1sd	dom2mn	dom2sd
Snake	1026	3.65	2.05	5.54	2.42	.	.	3.92	2.46
...
EroticCouple	4676	6.62	1.77	5.95	2.33	.	.	5.58	2.24
...
CarAccident	9903	2.08	1.28	5.61	2.52	.	.	3.37	2.28

Tabela 1: Partições da Tabela de Imagens IAPS para Mulheres

Nesta tabela estão representados uma breve descrição da imagem e o respectivo número identificativo, bem como as médias (mn) e desvios padrões (sd) da valência (val), excitação (aro), domínio (dom1) e dominado (dom2). Os valores apresentados foram baseados nas classificações e qualificações dadas pelos sujeitos teste aquando do desenvolvimento da biblioteca de imagens *IAPS*.

A utilização desta biblioteca é assim sustentada no desenvolvimento experimental associado à classificação de todo este conjunto de imagens, permitindo assim garantir valores médios e desvios padrões bastante exacto e em concordância

com os estados emocionais despoletados, de tal forma que a sua utilização lidera a resultados fidedignos, reproduzíveis e comparáveis.

4.3 Requisitos experimentais

Os requisitos experimentais associados à execução das sessões experimentais devem ser, na medida do possível, cumpridos com o máximo rigor de forma a minimizar erros e evitar conclusões dúbias relativas à detecção e posterior classificação das emoções.

A determinação dos requisitos experimentais neste estudo passa por quatro etapas distintas e essenciais: a selecção dos participantes, a estruturação das sessões experimentais, a localização dos eléctrodos do EEG e a selecção das imagens. A selecção dos participantes ou sujeitos da amostra consiste na criação de critérios de inclusão e exclusão da população alvo de modo a definir o conjunto de sujeitos adaptados ao estudo. Relativamente à estruturação das sessões experimentais, esta fase passa por determinar o *modus operandi*¹¹ de toda a base experimental deste estudo no sentido de maximizar a sua eficiência. A localização dos eléctrodos é um assunto crucial e, apesar das limitações do EEG utilizado (apenas 3 eléctrodos disponíveis, dos quais 2 são eléctrodos de referência) causarem alguma incerteza quanto à localização precisa dos mesmos. No entanto foram referidos vários estudos (Aftanas & ET AL., 2006) (Aftanas & ET AL., 2004) (Aftanas & ET AL., 2002) que são usados como base de sustentação teórica para este tema. Por fim, a selecção das imagens permitirá induzir os estados emocionais de uma forma controlada e sincronizada para permitir a recolha e tratamento dos dados biométricos. Estes temas serão aprofundados nos subcapítulos seguintes.

4.3.1 Selecção dos Participantes

A selecção dos participantes é uma fase crucial para o sucesso de todo o processo experimental e respectiva análise e processamento dos dados. Esta selecção compreende três fases principais, a especificação, a amostragem e o recrutamento. A

¹¹ Expressão latina que significa modo de operação

especificação tem por objectivo limitar o âmbito do estudo, para que a escolha dos participantes vá ao encontro das características do estudo (Metodologia de Investigação Clínica – Selecção de Participantes, 2007). Desta forma, são criados critérios de inclusão e exclusão que devem ser rigorosamente cumpridos. Os critérios de inclusão são constituídos por um conjunto de características que definem a população alvo¹² e a população acessível¹³, e como exemplo as características demográficas (idade e sexo), as clínicas (inexistência de doenças neurológicas graves), as geográficas (distrito do Porto) e temporais (entre Outubro e Dezembro de 2007). Relativamente aos critérios de exclusão, estes especificam grupos de indivíduos pertencentes à população que não são estudados de modo a aumentar a viabilidade do estudo, não devendo no entanto por em causa a validade do estudo e a capacidade de generalização dos resultados (Metodologia de Investigação Clínica – Selecção de Participantes, 2007). Desta forma, foi entregue um questionário – consultar Anexo B - a todos os participantes com o objectivo de verificar os critérios de exclusão aplicados neste estudo. Na Tabela 2 estão apresentados os critérios de inclusão e exclusão mais pertinentes.

Critérios de Inclusão:

Características Demográficas	Idade: 18-30 anos
	Sexo: Relação 1:2 entre homens e mulheres
Características Clínicas:	Inexistência de doenças neurológicas graves
Características Geográficas:	Distrito do Porto
Características Temporais:	Outubro a Dezembro de 2007

Critérios de Exclusão:

Ingestão de cafeínas nas duas horas anteriores à sessão experimental
Fumar nas duas horas anteriores à sessão experimental
Consumir álcool nas doze horas anteriores à sessão experimental
Participante que sofra de stress ou alguma depressão
Existência de doenças mentais no histórico familiar
Ter sofrido danos cerebrais físicos ou desordens neurológicas

Tabela 2: Critérios de inclusão e exclusão da amostra

O sujeito a ser testado não deverá apresentar problemas neurológicos nem psíquicos graves e, preferencialmente, deverá realizar a sessão experimental num

¹² População alvo: População que se pretende estudar.

¹³ População acessível: Corresponde à fracção da população alvo que está acessível a ser estudada.

momento em que se apresente física e psiquicamente bem e sem stress. Os critérios de exclusão apresentados foram incluídos num estudo desenvolvido em 2005 (Paul & ET AL., 2005) cujo objectivo era a determinação da dependência da idade com as funções cognitivas. Num estudo semelhante (Klimesch, 2004), desenvolvido em 1998, uma das conclusões obtidas indicou que a idade na qual as funções cognitivas estão desenvolvidas no seu máximo potencial é a faixa etária dos 18 aos 30 anos. Diversos estudos (Takahaski, 2004) (Aftanas & ET AL., 2002) (Aftanas & ET AL., 2004) (Aftanas & ET AL., 2006) (Rusalova & ET AL., 2003) sustentaram a mesma conclusão e usaram uma amostra com idades compreendidas aproximadamente entre a faixa etária referida. A figura seguinte ilustra essa mesma conclusão.

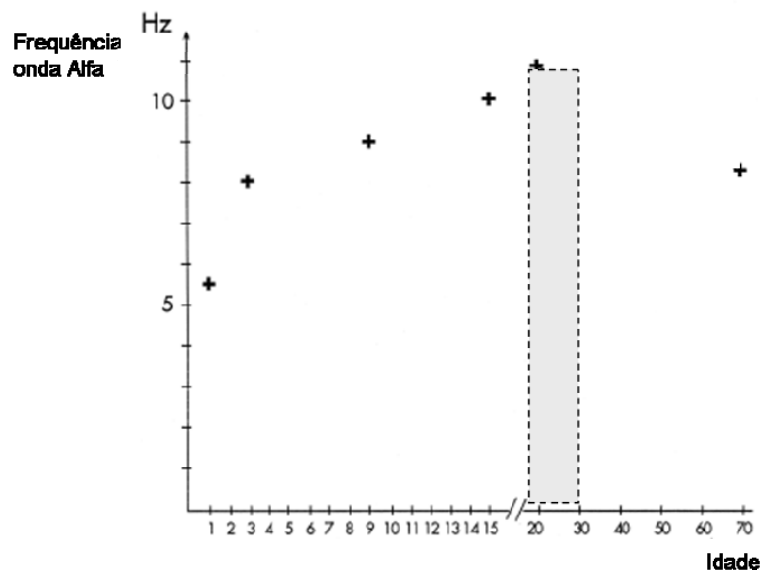


Figura 19: Variação da Frequência da Onda Alfa com a Idade. Adaptado de (Klimesch, 2004)

Segundo W.Klimesch (Klimesch, 2004), as diferenças na frequência Alfa são grandes e variam com a idade e a performance da memória. Desde a infância até à adolescência, a frequência das ondas Alfa aumenta de 5.5Hz para 10Hz. A partir dessa idade entra em decadência, que se pode relacionar com a própria idade, doenças neurológicas ou a falta de treino mental derivada do estilo de vida.

Relativamente ao número total de sujeitos a testar, este valor deverá ser tal que respeite o rácio de 1:2 entre homens e mulheres. Naturalmente que uma amostra

grande é preferível a uma pequena, e as suas vantagens são óbvias. Contudo e devido às restrições de ordem temporal relacionadas com este estudo, teve necessariamente de se limitar a amostra e acrescentar-lhe critérios de inclusão de modo a torná-lo exequível e conclusivo no espaço de tempo disponível para o efeito.

A dimensão da amostra seleccionada é de trinta sujeitos sendo que vários estudos realizados neste âmbito (Chanel & ET AL., 2005) (Takahashi, 2004) (Aftanas & ET AL., 2006) (Rusalova & ET AL., 2003)(Aftanas & ET AL., 2004) com amostras entre quatro e trinta sujeitos confirmaram a adequação do número e garantiram conclusões sustentáveis e fidedignas, minimizando os erros globais.

4.3.2 Estruturação das sessões experimentais

A realização das sessões experimentais deve seguir um protocolo rígido e semelhante para todos os casos, com o intuito de uniformizar e homogeneizar os resultados obtidos e as conclusões extraídas. Desta forma, cada sessão varia unicamente de acordo com o sexo do sujeito e no que respeita ao conteúdo multimédia apresentado. Será feita uma descrição pormenorizada relativa a essa variação no subcapítulo 4.3.3.

A estrutura de cada sessão, a sua preparação e apresentação foram baseadas num estudo semelhante (Chanel & ET AL., 2005) de forma a garantir a qualidade dos resultados obtidos. Para cada sessão experimental, o sujeito deverá estar equipado com os sensores referentes ao EEG e ao oxímetro, sentado em frente a um ecrã de um computador numa sala preferencialmente imune a ruído electromagnético e com temperatura moderada, pouco ruído exterior e baixa luminosidade. A sessão tem início com a apresentação de um ecrã negro durante seis segundos para relaxar e preparar o sujeito para a próxima imagem. De seguida é apresentada uma cruz branca num fundo negro no sentido de cativar a atenção do sujeito e evitar habituação ao meio envolvente. As imagens da biblioteca *IAPS* são de seguida apresentadas durante 6 segundos cada, sob a forma de um *slide show* através do uso da ferramenta *Microsoft Office Power Point*.

O equipamento utilizado é categorizado em dois grupos, um relativo aos dispositivos biométricos usados para a captação dos sinais e outro para a recolha e processamento dos sinais e posterior classificação do estado emocional predominante

do sujeito-teste. Os dispositivos biométricos são constituídos por um EEG, um oxímetro e um GSR, equipamentos já apresentados e desenvolvidos no subcapítulo 2.4. A apresentação das imagens será efectuada com recurso a um computador de secretária disponível no laboratório onde se irão realizar as sessões experimentais.

4.3.3 Selecção das imagens

A selecção das imagens a apresentar ao sujeito durante a sessão experimental tem uma importância extrema neste estudo, pois ajudam a determinar a eficácia do método de indução de emoções utilizado.

A selecção das imagens passou por duas fases que apesar de temporalmente espaçadas, então interligadas. Numa primeira fase procedeu-se à selecção das imagens ordenando-as de forma decrescente desde alegria até tristeza, através da avaliação atribuída a cada uma das imagens da biblioteca *IAPS* pelo método *SAM*. A ordenação foi feita de tal forma que a afectividade tem uma distribuição uniforme desde o seu valor máximo ao seu mínimo. Com o intuito de mais facilmente interpretar a actividade cerebral, e como referido em vários estudos (Chanel & ET AL., 2005) (Takahaski, 2004)(Aftanas & ET AL., 2002) (Aftanas & ET AL., 2004) (Aftanas & ET AL., 2006), a apresentação dos estímulos emocionais deve ser estratificada e essa estratificação pode ser implementada de vários modos. Num estudo desenvolvido em 2005 (Chanel & ET AL., 2005), a indução dos estados emocionais levou a que se usassem duas categorias de imagens, as que apresentavam elevados níveis de excitação e as que apresentavam baixos níveis de excitação. Outro estudo realizado em 2004 (Takahaski, 2004), que para além do EEG integrava também um oxímetro, um medidor da condutividade da pele e um termómetro, aplicou a indução de emoções ao sujeito dividindo-a em 5 grupos distintos, alegria, raiva, tristeza, medo e relaxamento. Em 2004 (Aftanas & ET AL., 2004) um grupo de investigadores com o objectivo de estudarem as características temporais e topográficas dos humanos mediante indução emocional condicionada, e com o apoio da biblioteca de imagens *IAPS*, dividiram a activação ou estimulação emocional em cinco categorias, neutra com baixo excitação, positiva com excitação intermédio, negativa com excitação intermédio, positiva com excitação elevado e negativa com excitação elevado.

Tomando como referência a divisão aplicada ao conjunto de imagens usadas na estimulação emocional nos diversos estudos analisados (Chanel & ET AL., 2005) (Takahashi, 2004)(Aftanas & ET AL., 2002) (Aftanas & ET AL., 2004) (Aftanas & ET AL., 2006), e adequando-as ao presente estudo, as imagens foram agrupadas em 3 categorias distintas e ordenadas de forma decrescente no que respeita à afectividade: imagens com elevado nível de afectividade, imagens neutras e imagens com baixo valor de afectividade. A Figura 19 apresenta uma relação entre o valor da afectividade para as imagens apresentadas.

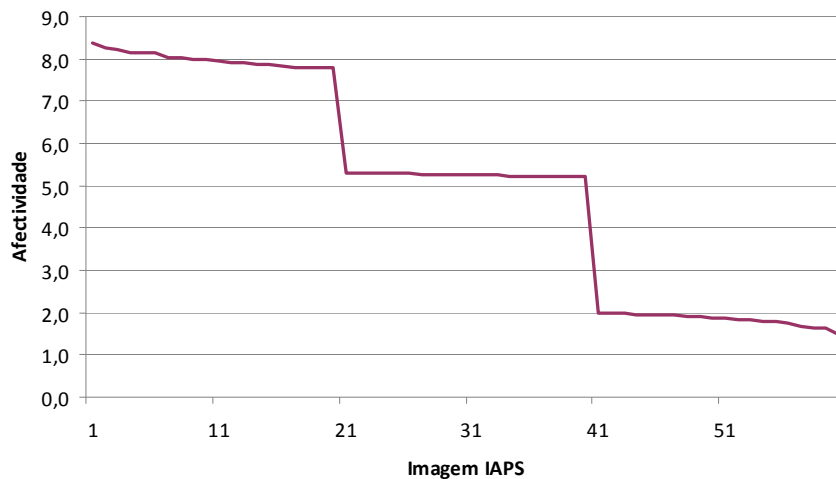


Figura 20: Categorização da Afectividade

Tirando partido das tabelas de imagens *IAPS* que disponibilizam o resultado da avaliação da afectividade, excitação e domínio para cada imagem, a escolha das imagens foi simplificada e teve apenas em consideração o valor da afectividade, logo independente do excitação e domínio causados no sujeito. Nos Anexo D e Anexo E respectivamente é possível consultar a tabela com a imagem, a sua descrição e respectivos valores para a afectividade, para o caso do sexo masculino e feminino.

Após a aplicação deste conjunto de imagens na primeira sessão experimental, e depois de analisados e comentados os resultados observados, em conjunto com as afirmações do sujeito, a conclusão obtida indicou que apesar do estado emocional do sujeito se alterar ao longo da sessão experimental, tal modificação não ocorreu da forma esperada. Este factor deveu-se essencialmente ao tipo de imagens apresentadas.

Por um lado, valores elevados de afectividade foram caracterizados por imagens cujo espectro de emoções causadas foi demasiado alargado. Incluía imagens sensuais e mesmo eróticas, em conjunto com imagens de ilhas paradisíacas e animais de estimação (consultar Anexo C.1). O primeiro grupo de imagens causou um sentimento de excitação que muito certamente ultrapassou o de alegria, pelo que de certa forma distorceu os resultados e alterou as conclusões que eram previstas. Por outro lado, e no que se refere à zona de mais baixa afectividade, o conjunto de imagens apresentado incluía mutilações e doenças físicas graves, que constrangeram e causaram algum medo no sujeito. Juntamente com este tipo de imagens, encontrava-se um tipo de imagens mais adequadas ao sentimento de tristeza, como, a título exemplificativo, uma criança com fome.

Através da consulta da tabela de imagens *IAPS*, e para o caso das imagens eróticas, a sua avaliação segundo o modelo *SAM* resultou num elevado valor para a afectividade acrescido de um valor para o excitação também elevado. A afectividade por si só traduz-se em alegria, mas, em conjunto com elevado nível de excitação induz um estado emocional de excitação. Considerando agora uma imagem de uma paisagem deslumbrante, esta é quantificada com um elevado valor para a afectividade, mas moderado relativamente ao excitação, daí o estado emocional predominante aquando da observação desta imagem ser alegria. De modo oposto, a conclusão observada para o estado emocional induzido após o visionamento de imagens de mutilados ser tristeza e ao mesmo tempo medo e ansiedade é semelhante à anterior, apesar de menos notória.

A partir das afirmações e resultados acima apresentados, a escolha das imagens para as sessões experimentais seguintes foi reavaliada de forma a ter em conta não só a afectividade, mas também o excitação. Neste sentido, a escolha das imagens passou, numa primeira fase, por respeitar os valores de afectividade referidos anteriormente para ser possível a construção de uma sessão com 3 patamares de afectividade distintos; num segundo momento, imagens cujo estado emocional estimulado seja claramente diferente do pretendido foram excluídos da sessão; e por fim foi essencial a verificação e confirmação dos valores de excitação.

A seriação de um novo conjunto de imagens que cumprisse os critérios acima referidos culminou na elaboração da apresentação de imagens para a segunda sessão experimental. A Figura 21 a seguir apresentada permite obter uma comparação directa entre os níveis de afectividade e excitação da primeira e segunda sessões

experimentais, de onde se realça o facto de que os valores da afectividade foram mantidos constantes e, na globalidade, os valores do excitação apresentaram-se inferiores aos da primeira sessão experimental.

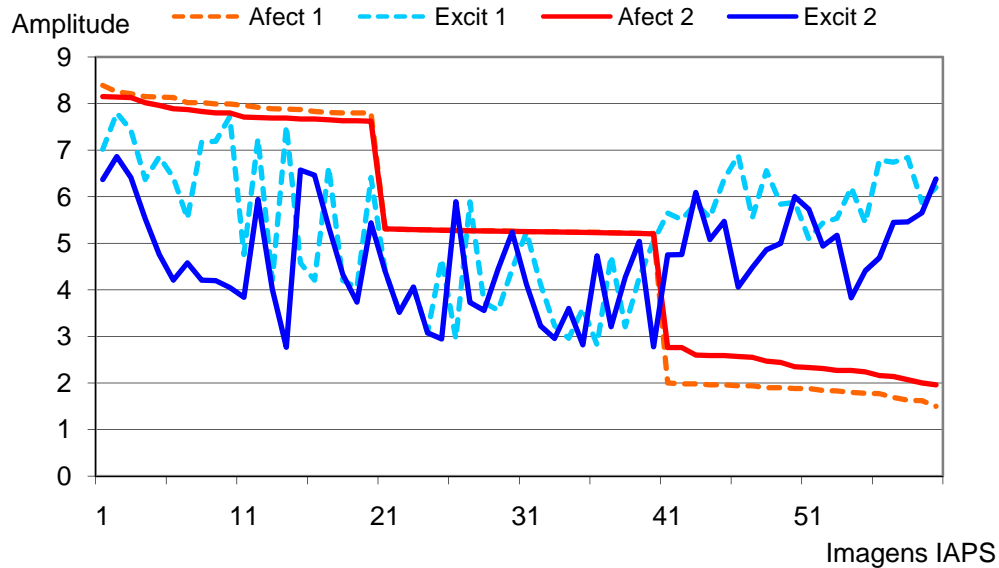


Figura 21: Comparativo dos níveis de Afectividade e Excitamento

Através do espaço afectivo, e da Figura 58 presente no subcapítulo 6.1, é possível verificar que efectivamente o novo conjunto de imagens apresenta três categorias distintas de afectividade e valores relativos ao excitação inferiores a sete unidades.

4.4 Considerações éticas

De acordo com o relatório de Belmont (The Belmont Report, 2000), os princípios básicos da ética perante investigações que envolvam Seres Humanos assentam em três pilares básicos, o respeito pelas pessoas, a beneficência e a justiça. O respeito pelas pessoas garante que os indivíduos devem ser tratados como agentes autónomos (por autónomo entende-se um indivíduo capaz de deliberar acerca de objectivos pessoais e actuar sobre tal deliberação) e ainda que pessoas com qualquer tipo de debilidade ou diminuição de autonomia devem ser automaticamente protegidas.

Relativamente à beneficência, qualquer pessoa envolvida numa investigação deve ser tratada de uma forma ética não só respeitando as suas decisões e protegendo-as do perigo, bem como garantindo o seu bem-estar. O pilar da justiça assenta essencialmente no tratamento igualitário, o que significa que o conhecimento e os benefícios alcançados devem ser partilhados de forma justa e tendo sempre em conta o mérito.

Um trabalho desenvolvido na *Cornell University* nos Estados Unidos da América (Electrodermal Activity Meter, 2006) é um bom exemplo da aplicação prática das considerações éticas acima referidas, e nele são mencionados os diversos procedimentos que o tornaram um projecto-tipo no que respeita à aplicação dos princípios éticos.

Relativamente a este trabalho, o risco inerente à utilização dos dispositivos biométricos ao longo da sessão experimental é nulo, no entanto todos os procedimentos éticos foram cautelosamente providenciados. Todos os participantes das sessões experimentais foram voluntários e previamente convidados para a realização da mesma. Aquando do convite, foi entregue um documento, o texto introdutório apresentado no Anexo B, onde são descritos de forma sumária os procedimentos e acções a serem desenvolvidos durante a sessão experimental. Juntamente com o texto introdutório foi também entregue um questionário, consultável no Anexo A, que visa a selecção dos participantes com base em critérios específicos para o presente estudo. Durante a sessão experimental foi pedido aos participantes para se manterem o mais imóvel possível para não influenciar a captação dos dados biométricos, informação este que foi divulgada antes do início da sessão. No final, foram colocadas questões, algumas das quais com o objectivo de saber a opinião dos participantes quanto à sessão na sua globalidade, o espaço físico, a temperatura ambiente, a preparação de toda a sessão e o próprio conteúdo multimédia apresentado. As questões finais foram colocadas com o propósito de garantir o conforto do participante e a sua opinião sobre toda a sessão experimental e os procedimentos associados. Todas as respostas obtidas foram positivas, algumas delas – as duas primeiras sessões – foram também uma ajuda útil para reformular parte do conteúdo multimédia a apresentar.

Desta forma foram garantidas todas as considerações éticas referidas, e nenhuma pessoa, bem, reputação ou empregos foram afectados durante o decorrer das sessões experimentais.

4.5 Política de descarte

O sucesso ou insucesso de um estudo, projecto ou experiência depende não só da qualidade dos preparativos e metodologias utilizadas, como também da correcta implementação e adaptação da política de descarte.

Esta política define os critérios de exclusão a adoptar às sessões experimentais cujos resultados foram mal sucedidos e inesperados e que se deveram essencialmente a factores não controláveis. Apesar de ser um método radical e usado apenas como último recurso, é essencial para uma correcta e posterior análise estatística dos dados, a fim de se evitarem resultados e conclusões incompreensíveis.

Desta forma foram destacadas três causas que surtiram a necessidade da aplicação da política referida:

- Por um lado as interferências eléctricas e electromagnéticas causadas quer por parte do sujeito – electricidade estática – quer pelos equipamentos biométricos usados originam variações do comportamento dos dados biométricos captados que inviabilizam a classificação do respectivo estado emocional;
- Mau funcionamento espontâneo de um equipamento biométrico ou dispositivo usado é outra das causas consideradas;
- E por fim movimentos corporais exagerados por parte dos sujeitos;

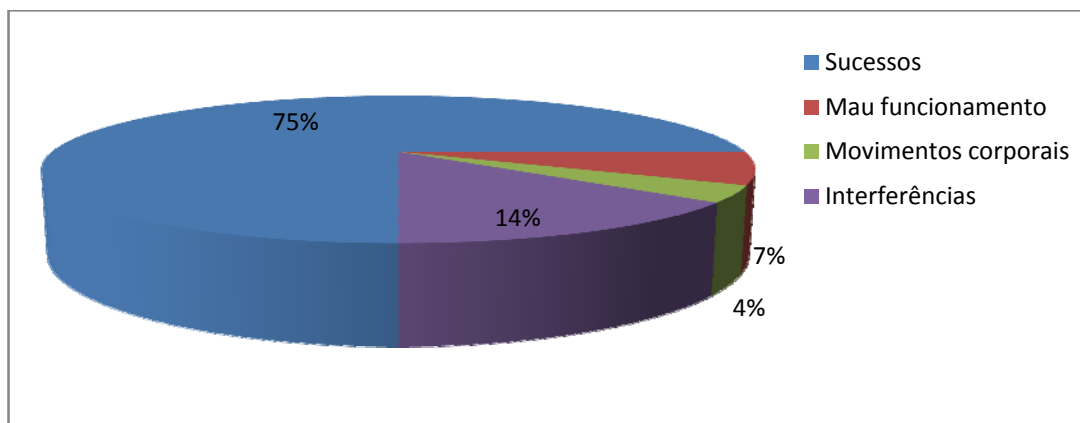


Figura 22: Aplicação da Política de Descarte

Através do Figura 22 é possível observar a distribuição dos descartes aplicado às sessões experimentais executadas para este projecto. A primeira observação a relatar refere-se aos movimentos corporais. Aquando da terceira sessão experimental

realizada, observou-se que o sujeito executou diversos movimentos corporais durante a totalidade da sessão experimental, onde se incluíam movimentos com os membros superiores e inferiores, que causaram variações da amplitude dos sinais biométricos captados completamente fora do normal, alterando assim todas as análises e conclusões estatísticas e que levou ao descarte desta mesma sessão. Na Figura 23 é apresentado o comportamento dos dados captados pelo EEG nas circunstâncias referidas, onde se detectam oscilações das amplitudes bastante acentuadas e a completa ausência de um padrão de evolução do comportamento dos sinais.

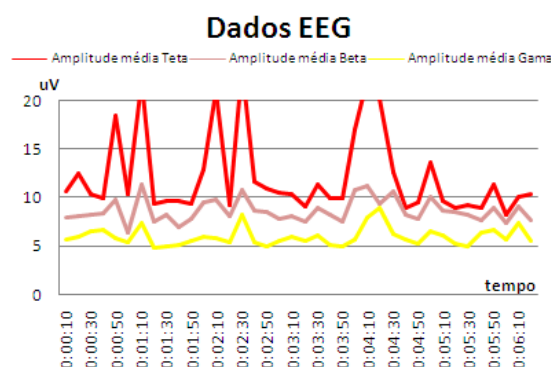


Figura 23: Descarte devido a Movimentos Corporais

Tendo em conta o efeito causado pelos movimentos corporais nas sessões experimentais anteriores, foi elaborada uma alteração ao texto introdutório apresentado ao sujeito antes do início da sessão experimental¹⁴. Essa alteração incidiu essencialmente em aconselhar o sujeito a evitar ao máximo qualquer tipo de movimentos semelhante aos anteriormente referidos durante toda a sessão experimental, sem no entanto alterar a sua concentração na sequência de imagens apresentadas.

Relativamente às interferências, estas representaram a causa mais influente e importante, e representa cerca de 65% de todos os descartes aplicados. A origem das interferências não é totalmente conhecida, sendo que a probabilidade de ser causada por interferências por parte dos equipamentos biométricos é superior ao caso de mal colocação dos eléctrodos. Este tipo de interferência pode ser detectável através da existência de ruído de elevada amplitude ao longo do espectro temporal dos sinais biométricos captados, e é mais evidente nos dados captados pelo EEG. Outro método capaz de detectar a existência de interferências e assim descartar a sessão experimental

¹⁴ Consultar 0 Anexo B – Texto Introdutório à sessão experimental

é baseado nos valores da amplitude dos sinais serem praticamente residuais, ou seja, a má colocação do eléctrodo traduz-se num fraco contacto entre o próprio eléctrodo e o sujeito e conseqüentemente uma amplitude do sinal muito inferior à amplitude padrão. Na Figura 24 segue-se o comportamento dos dados captados pelo EEG. O primeiro gráfico representa o caso de interferências sem causa aparente, e o segundo devido a um eléctrodo mal colocado.

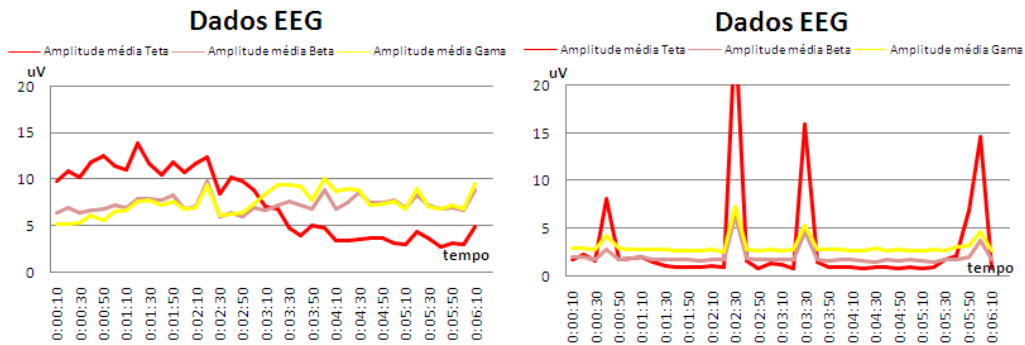


Figura 24: Descartes devido a Interferências

Da observação dos gráficos acima apresentados, a diminuição acentuada da onda Teta ao longo de toda a sessão é indicadora de uma interferência forte e causadora de perturbações acentuadas no comportamento dos dados biométricos captados. Relativamente às interferências devidas a um eléctrodo mal colocado, é evidente uma presença de picos acentuados e valores quase residuais das amplitudes das ondas captadas pelo EEG, apresentados no segundo gráfico da Figura 24.

Considerando o mau funcionamento de equipamentos biométricos ou dispositivos auxiliares, esta causa é muito complexa de ser detectável visto não obedecer a um padrão ou comportamento característico. Por um lado, se o mau funcionamento de um dispositivo de dever a um erro de conexão ou de comunicação, a falha torna-se evidente pela falta de dados apresentados ou mensagens de erro apresentadas. No entanto, se se considerar o caso de uma falha na sessão de apresentação das imagens, a sua detecção através de possíveis alterações no comportamento observável pelos dados biométricos torna-se muito complexo e assim difícil de automatizar o processo de detecção deste tipo de falhas. A Figura 25 apresenta um descarte de uma sessão experimental devido ao mau funcionamento do dispositivo responsável pela apresentação das imagens ao sujeito.

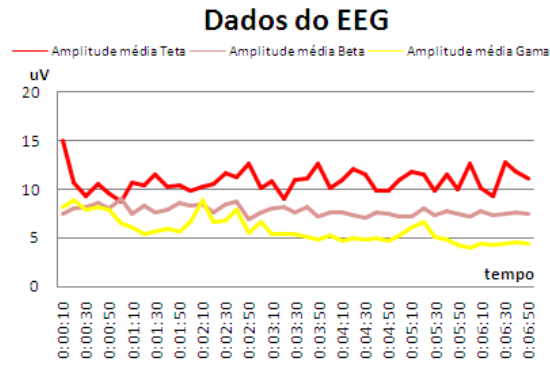


Figura 25: Descarte devido a Mau Funcionamento de um Dispositivo Auxiliar

A imagem atrás apresentada evidencia a complexidade da detecção deste tipo de falhas de uma forma automática, dada a inexistência de variações anormais do padrão ao longo da sessão experimental.

Como se constata nos exemplos atrás apresentados, os dados biométricos captados pelo EEG, devido essencialmente aos seus padrões e comportamentos, apresentam uma facilidade superior na detecção de causas para o descarte relativamente aos captados pelo oxímetro e pelo GSR, razão pela qual a sua utilização para este efeito foi preferencial.

Para fornecer uma visão global da aplicação desta política ao longo de todas as sessões experimentais e as razões que levaram a tal estratégia é apresentada na Tabela 3 um resumo dessa mesma informação com o estado da experiência – ok e descartada – e a causa que originou a aplicação de tal política.

Experiência	Qualidade	Causa
1	Descartada	Sessão de imagens incorrecta
2	OK	
3	Descartada	Movimentos corporais
4	OK	
5	OK	
6	OK	
7	OK	
8	Descartada	Demasiadas interferências
9	OK	
10	Descartada	Demasiadas interferências
11	OK	
12	OK	
13	OK	
14	OK	

15	Descartada	Interferências (eléctrodo mal colocado)
16	OK	
17	OK	
18	OK	
19	OK	
20	Ok	
21	Descartada	Demasiadas interferências
22	OK	
23	OK	
24	OK	
25	OK	
26	Ok	
27	OK	
28	OK	

Tabela 3: Política de Descarte

4.6 Conclusões

Ao longo deste capítulo foram dadas a conhecer ao leitor as metodologias de trabalho directamente relacionadas com este trabalho, de onde se destacam o posicionamento preferencial para os eléctrodos do EEG no sentido de maximizar as variações da amplitude das ondas cerebrais relativas à actividade emocional do sujeito, o método de indução emocional mais apropriado, os requisitos experimentais aplicados e ainda a política de descarte, quando necessária.

5 Análise dos Dados

“A análise de dados permite guiar o investigador na sua amostragem que é de natureza intencional e dar-lhe pistas sobre o que resta descobrir sobre o fenómeno em estudo durante o processo de colheita dos dados.” (Fortin, 2003)

A análise dos dados apresentada ao longo dos próximos subcapítulos irá focar essencialmente as metodologias de análise dos dados e as ferramentas de apoio utilizadas. Por um lado as metodologias irão permitir uma análise coerente e sustentada dos dados biométricos recolhidos durante as sessões experimentais, e por outro as ferramentas irão tirar partido da análise efectuada no sentido de classificar de forma automática o estado emocional de um sujeito após a indução emocional controlada.

5.1 Métodos para a análise dos dados

A necessidade de estabelecer regras e protocolos de análise da informação dita que o uso de metodologias bem definidas é primordial para o sucesso de um estudo investigacional. Os subcapítulos seguintes irão incidir essencialmente sobre a apresentação e discussão das principais metodologias integradas neste sistema, nomeadamente:

- A decimação e médias ponderadas que visam diminuir o número de amostras a analisar e ao mesmo tempo suavizar possíveis variações bruscas da amplitude dos sinais ao longo do tempo;
- A remoção de picos, uma estratégia que adveio da anormal quantidade de picos na actividade cerebral de algumas das sessões experimentais efectuadas, e que se deveram essencialmente a movimentos musculares ou factores ambientais não controláveis;
- A evolução por degraus, a primeira tentativa de interpretação dos dados biométricos no sentido de determinar o estado emocional do sujeito e que, em conjunto com a análise estatística, permitiram a execução dessa mesma análise com uma taxa de sucesso próxima dos 80%;

5.1.1 Decimação e médias ponderadas

Existe uma grande variedade de importantes aplicações directamente relacionadas com os princípios da amostragem discreta, como a construção de filtros ou aplicações de comunicação (Oppenheim & Willsky, 1983). Em muitas dessas aplicações é pouco eficiente representar, transmitir ou armazenar a sequência de amostras na sua forma original, e este trabalho inclui-se nesse domínio.

Considerando a Figura 26, esta representa o processo de amostragem de um sinal original discreto $x[n]$ num sinal amostrado $x_p[n]$, com período de amostragem N .

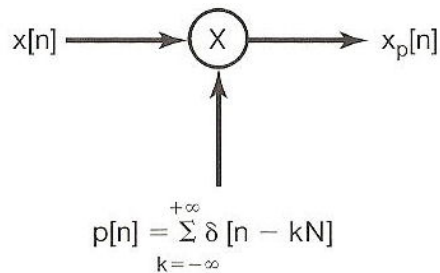


Figura 26: Diagrama de Blocos da Decimação (Oppenheim & Willsky, 1983)

Sendo δ um impulso unitário, a multiplicação do sinal $p[n]$ pelo sinal $x[n]$ gera um sinal cujos valores diferentes de zero, em intervalos de tempo bem definidos, e nulos nos restantes valores. Através de Figura 27 seguidamente apresentada é possível obter uma representação visual deste processo.

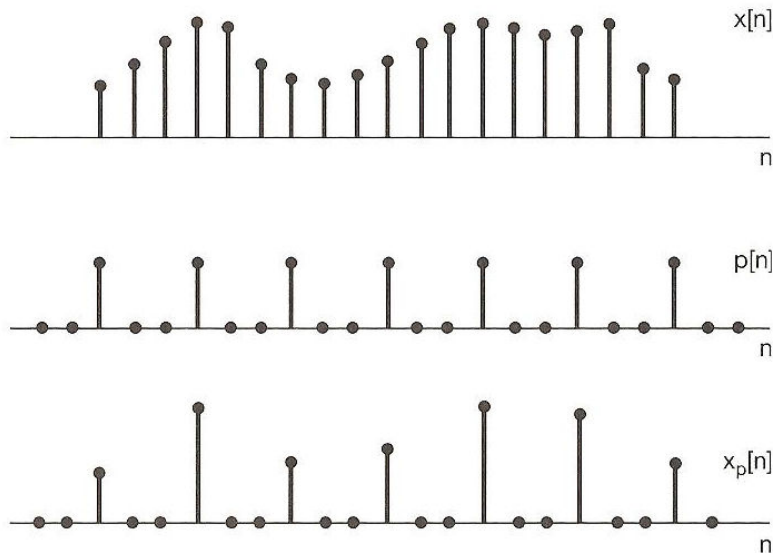


Figura 27: Amostragem de um Sinal Discreto (Oppenheim & Willsky, 1983)

A sequência amostrada $x_p[n]$ é então substituída por uma nova sequência $x_b[n]$, que corresponde simplesmente aos N -ésimos valores de $x_p[n]$. Matematicamente esta substituição é realizada como apresentado na Equação 1.

$$x_b[n] = x_p[nN]$$

Equação 1: Processo de decimação de um sinal discreto (Oppenheim & Willsky, 1983)

Desta forma, o sinal $x_b[n]$ resultante corresponde à decimação do sinal original $x[n]$, representado na Figura 28.

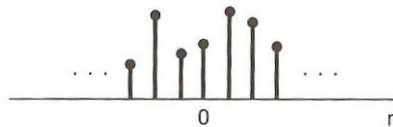


Figura 28: Sinal Decimado (Oppenheim & Willsky, 1983)

Apesar de serem muitos os benefícios da decimação perante um sinal discreto, para o caso prático deste trabalho, além da necessidade de aplicação de um método de redução do número de amostras – decimação –, é também importante aplicar um método que permita suavizar a variação do sinal ao longo do tempo, de tal forma que a interpretação e análise do sinal a nível visual sejam facilitadas.

Nesse sentido foi implementado um método que tem como propósito o cálculo das médias ponderadas entre cada duas amostras permitindo reduzir em apenas um passo o número de amostras para metade, sem no entanto perder a totalidade da informação contida nas referidas amostras, dado que é calculada a média ponderada entre cada duas amostras consecutivas.

$x(1,1)$	$x(2,1)$	$x(3,1)$...
$x(1,2)$			
$x(1,3)$	$x(2,2)$		
$x(1,4)$			
...

Tabela 4: Tabela Exemplo para as Médias Ponderadas

Considerando $mean()$ uma função genérica que calcula a média ponderada entre dois elementos, e tendo como base a informação disponível na

Tabela 4, então

$$\begin{aligned}
 x(2,1) &= mean(x(1,1), x(1,2)) \\
 x(2,2) &= mean(x(1,3), x(1,4)) \\
 &\dots \\
 x(3,1) &= mean(x(2,1), x(2,2)) \\
 &\dots
 \end{aligned}$$

Equação 2: Cálculo das Médias Ponderadas

Com base nos cálculos apresentados na Equação 2, é possível criar um segundo vector de dados com metade do número de amostras respeitante ao seu antecessor e cujas variações de amplitude entre as amostras são suavizadas, isto é, o valor das derivadas das rectas que unem cada duas amostras é inferior. A aplicação deste método ao trabalho que tem vindo a ser apresentado ao longo deste documento traz benefícios evidentes, tal como o apresentado na Figura 29 a seguir. Através de uma análise visual da evolução temporal da actividade cerebral eléctrica, uma das conclusões obtidas é a diminuição da amplitude da onda ao longo da sessão experimental, diminuição essa que é acompanhada por uma descida gradual e homogénea desde o início da sessão experimental até ao seu término.

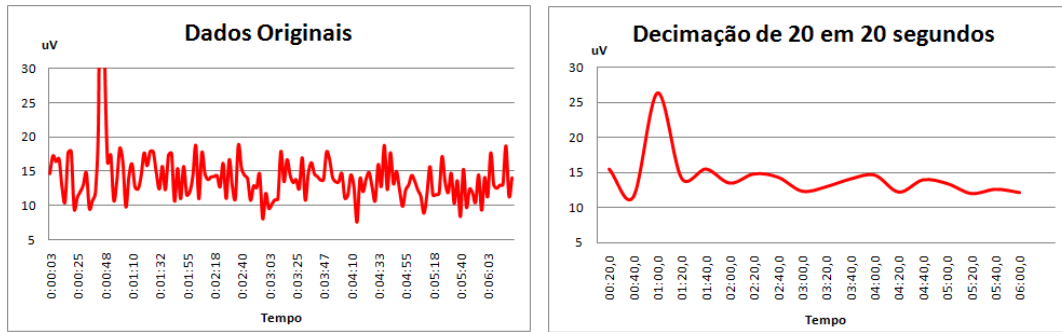


Figura 29: Aplicação do Método de Decimação

Sem a aplicação do método de decimação, o número de amostras visualizadas é muito superior o que torna a sua interpretação mais complexa como se pode concluir pela observação da Figura 29. De igual modo, a suavização das variações de amplitude entre amostras permite uma melhor compreensão da evolução comportamental da actividade eléctrica específica para a onda cerebral em causa.

5.1.2 Remoção de picos

Movimentos musculares inesperados, ruídos e distrações incontroláveis são alguns dos motivos que estão na origem de um aumento brusco da actividade cerebral eléctrica. Estes aumentos repentinos e de curta duração saem por completo do âmbito do comportamento típico da actividade cerebral eléctrica, pelo que a sua remoção é uma mais-valia para o posterior desenvolvimento e análise dos dados biométricos recolhidos. Neste sentido, foi desenvolvido um método capaz de remover eficientemente os picos inerentes a aumentos repentinos da actividade cerebral eléctrica e assim colmatar possíveis falhas futuras. O método usado e a apresentar de seguida foi escolhido com base na sua eficiência e na necessidade de uma capacidade computacional baixa. Outros métodos poderiam ter sido adoptados como a análise dos declives das rectas entre as amostras ou a aplicação de filtros, no entanto e face às suas inferiores vantagens, estes foram preteridos.

No sentido de criar um termo de comparação entre os valores normalmente esperados e aqueles que são considerados como picos e devem ser removidos, é calculado o valor médio da amplitude de cada um dos três tipos de ondas estudados e correspondentes à actividade cerebral eléctrica, as ondas Teta, Beta e Gama. A

estruturação e distribuição dos dados biométricos provenientes do EEG e armazenados na forma de vectores, para posterior análise e processamento, são realizadas como apresentado na Tabela 5.

Intervalo de Tempo	Onda		
	Teta	Beta	Gama
[0; 2.5[s	Amostra T 1	Amostra B 1	Amostra G 1
[2.5; 5.0[s	Amostra T 2	Amostra B 2	Amostra G 2
...
[length()-1*2.5; length()*2.5[Amostra T n	Amostra B n	Amostra G n

Tabela 5: Estruturação da Tabela de Dados Importados pelo EEG

Assim sendo, na tabela acima apresentada é calculada a média para cada uma das colunas de forma independente, de tal forma que a média da primeira coluna corresponde à amplitude média da onda Teta, da segunda à onda Beta e da terceira à onda Gama respectivamente. A Equação 3 a seguir apresentada representa a fórmula de cálculo dessa média.

$$\text{mean} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i$$

Equação 3: Média das Amplitudes para cada uma das Ondas Cerebrais

O índice i caracteriza a posição da amostra no vector, x_i o valor de uma dada amostra e n o número total de amostras, mais especificamente o comprimento total do vector.

Após a determinação do valor médio para a amplitude da onda cerebral em estudo, esse mesmo valor é considerado como *valor-tipo* de tal forma que é então comparável aos restantes valores de todas as amostras da respectiva onda. Desta forma, a estratégia adoptada para a determinação de picos consiste em substituir a amostra cujo valor seja superior a uma dada tolerância (variável denominada *tolerance*) do *valor-tipo* pela amostra imediatamente anterior ou seguinte, desde que esta por sua vez não ultrapasse o limite anteriormente estabelecido. O teste necessário à realização da estratégia referida é apresentado na Equação 4 e é baseado num teste lógico, mais

especificamente um ciclo *if*, que compara o valor da amostra a ser analisada - x_i – com o limite superior do *valor-tipo* – $tolerance \times mean$.

$$\text{Se } \{ x_1 \geq tolerance \times mean \}$$

Equação 4: Teste Lógico Comparativo do Valor-tipo

Para este trabalho o valor de tolerância foi determinado empiricamente através das sessões experimentais realizadas e conclui-se que é de 1,5.

São assim identificadas três estratégias de abordagem ao problema apresentado, abordagens essas que se distinguem pelo posicionamento da amostra a ser analisada. Se a amostra a analisar se tratar da primeira do vector, deverá considerar-se o facto de a comparação com as amostras adjacentes se resumir à amostra imediatamente a seguir e à sua sucessora, x_2 e x_3 respectivamente.

$$\text{Se } \{ x_1 \geq 1,5 \times mean \}$$

$$\text{Se } \{ x_2 \geq 1,5 \times mean \} x_1 = x_3;$$

$$\text{Senão } x_1 = x_2;$$

$$\text{Senão } x_1 = x_1;$$

Equação 5: Algoritmo de Remoção de Picos para a 1ª Amostra

No algoritmo apresentado na Equação 5 é evidente a utilização da estratégia atrás descrita. Se a comparação de x_1 com o *valor-tipo* for verdadeira, significa que x_1 é um pico e como tal procede-se à verificação da amostra subsequente, neste caso x_2 . Se essa mesma amostra não for considerada um pico, então o valor de x_1 é substituído pelo valor de x_2 . Se por outro lado x_2 for também considerado pico, então o valor de x_1 será substituído por x_3 .

É realizada uma abordagem análoga para o caso da amostra a ser testada ser a última do vector de dados. Neste caso, e como apresentado em Equação 6, as amostras comparáveis serão as imediatamente anteriores à amostra em análise.

$$\text{Se } \{ x_n \geq 1,5 \times mean \}$$

$$\text{Se } \{ x_{n-1} \geq 1,5 \times mean \} x_n = x_{n-1};$$

Senão $x_n = x_{n-2}$;

Senão $x_n = x_n$;

Equação 6: Algoritmo de Remoção de Picos para a Última Amostra

Por fim e para o caso mais genérico, uma qualquer amostra do vector de dados exceptuando a primeira e a última, levam a uma abordagem semelhante às anteriormente apresentadas, tendo em atenção que agora antes de ser verificada a segunda amostra imediatamente seguinte à amostra em análise, é verificada a imediatamente anterior e a imediatamente posterior, tal como apresentado no algoritmo na Equação 7.

Se $\{ x_i \geq 1,5 \times mean \}$

Se $\{ x_{i-1} \geq 1,5 \times mean \}$

Se $\{ x_{i-2} \geq 1,5 \times mean \} x_i = x_{i-3}$;

Senão $x_i = x_{i-2}$;

Senão $x_i = x_{i-1}$;

Se $\{ x_{i+1} \geq 1,5 \times mean \}$

Se $\{ x_{i+2} \geq 1,5 \times mean \} x_i = x_{i+3}$;

Senão $x_i = x_{i+2}$;

Senão $x_i = x_{i+1}$;

Senão $x_i = x_i$;

Equação 7: Algoritmo de Remoção de Picos para o Caso Genérico

A utilização de um diagrama UML permite simplificar e facilitar a interpretação do algoritmo acima representado. Desta forma, a Figura 30 seguidamente apresentada contém o algoritmo da Equação 7 representado sob a forma de um diagrama de actividades UML. Os rectângulos cinzentos representam as acções a executar após a validação das decisões tomadas anteriormente e que são representadas através de losangos. A condição, do lado esquerdo do losango, é verificada e o seguimento do esquema é efectuado sempre com base na resposta à condição anterior, até alcançar a acção final.

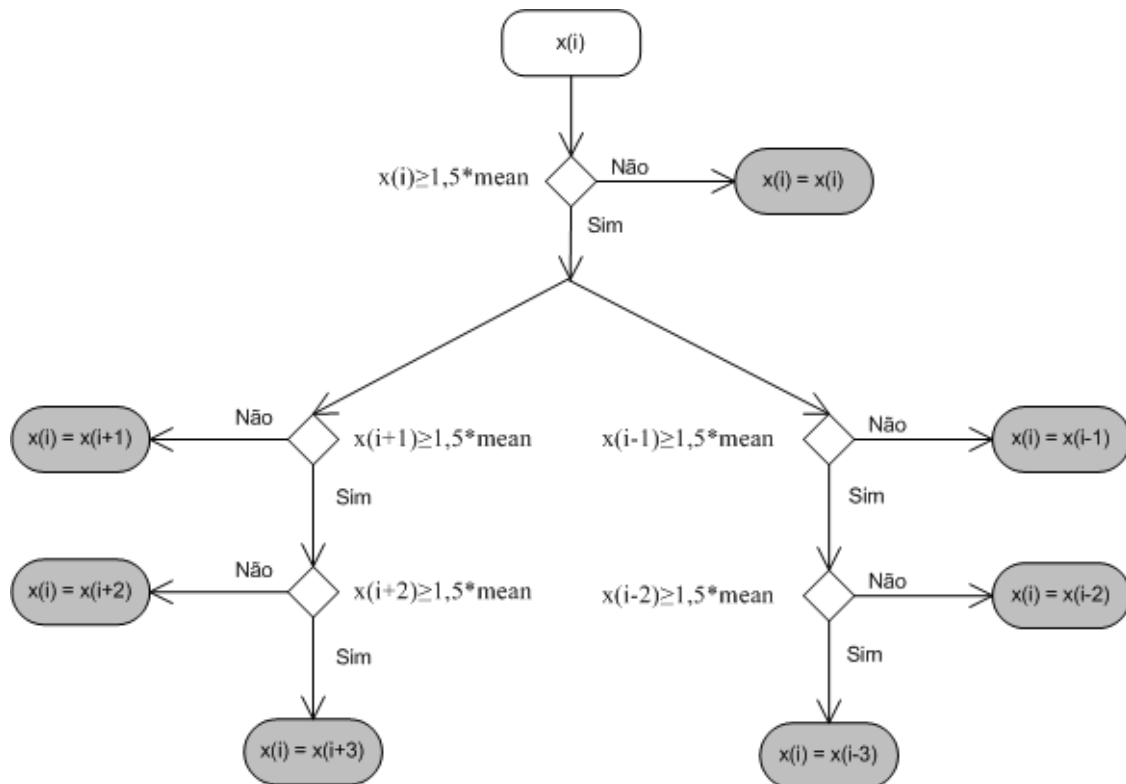


Figura 30: Diagrama de Actividade UML do Método de Remoção de Picos

A título exemplificativo, e considerando a Figura 31 apresentada de seguida, a aplicação do método de remoção de picos atrás apresentado permitiu a remoção total de um aumento brusco da amplitude da actividade cerebral eléctrica.

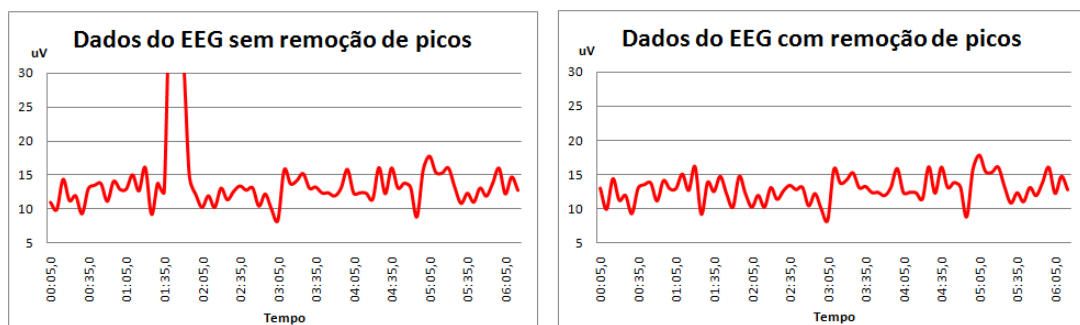


Figura 31: Aplicação do Método de Remoção de Picos

Desta forma posteriores análises dos dados, nomeadamente as estatísticas, não serão influenciáveis por dados erróneos, melhorando assim todo o processo e análise de dados que visam a classificação do estado emocional predominante no sujeito.

5.1.3 Evolução por degraus

A estratégia da evolução por degraus é proveniente de uma análise estatística desenvolvida aquando da decimação e das médias ponderadas apresentadas no subcapítulo 5.1.1. A aplicação dos métodos de decimação e das médias ponderadas permitiram obter uma visão global do comportamento da actividade cerebral eléctrica ao longo da sessão experimental. Esse tipo de análise foi o primeiro passo para uma análise por degraus. Dado que as sessões experimentais são divididas em três fases, cada uma delas associada ao estado emocional que se pretende induzir no sujeito e de duração de cerca de dois minutos, para uma duração total aproximada de seis minutos, então a cada uma das fases está associado um valor médio da variação de amplitude da onda cerebral em causa. Assim sendo, ao longo de uma sessão experimental são obtidos três valores, cada um deles associado à média das amplitudes das respectivas fases da sessão experimental.

Considere-se a Figura 32 seguidamente representada que apresenta os dados provenientes do EEG durante uma sessão experimental.

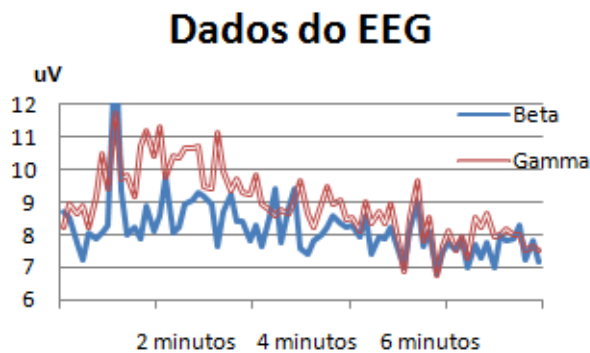


Figura 32: Sessão Experimental com Dados do EEG

Através da distribuição dos dados apresentados na Figura 32 é pouco perceptível a variação de amplitude das ondas cerebrais Beta e Gama nas três fases da sessão experimental completa. Na Figura 33 é apresentada a variação das amplitudes das ondas cerebrais Beta e Gama da mesma sessão experimental que foi considerada na Figura 32, mas desta vez aplicando a metodologia da evolução por degraus atrás referida.

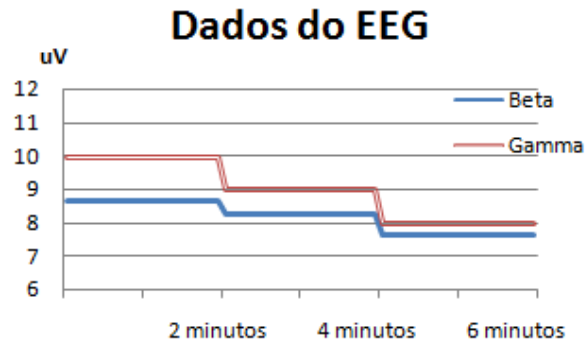


Figura 33: Aplicação da Metodologia da Evolução por Degraus

De uma forma genérica, e para k estados emocionais distintos, a duração total da sessão experimental é dividida em k fases, de tal forma que:

$$n = \frac{\text{length}(\text{data})}{k};$$

$$\text{mean1} = \frac{1}{n} \times \sum_n^1 \text{data};$$

Equação 8: Algoritmo para Calculo do Valor do Primeiro Degrau

Na Equação 8 n representa o comprimento total do vector de dados biométricos relativos ao EEG, data o valor da amplitude da onda cerebral em estudo para o intervalo em causa e mean1 representa a amplitude do primeiro degrau. De modo semelhante, realizam-se as restantes operações tendo em atenção o intervalo correspondente, tendo em conta que para este trabalho, dado se pretender analisar três estados $k = 3$ distintos, ou seja:

$$\text{mean2} = \frac{1}{n} \times \sum_{2 \times n}^n \text{data};$$

$$\text{mean } k = \frac{1}{n} \times \sum_{k \times n}^{(k-1) \times n} \text{data};$$

Equação 9: Algoritmo para Calculo do Valor dos k Degraus

A análise gráfica da evolução comportamental da actividade cerebral eléctrica após a indução emocional do sujeito permitiu estabelecer padrões de comportamento esperados, como o apresentado na Figura 33.

A partir da distribuição de dados interpretada através da técnica de evolução por degraus, e seguidamente da análise estatística baseada em *Clustering*, abordada no subcapítulo 5.1.4 a seguir apresentado, foi possível desenvolver uma ferramenta capaz de determinar o estado emocional predominante do sujeito durante toda a sessão experimental, com uma taxa de sucesso bastante elevada e baseada nos dados biométricos recolhidos e analisados. Esta ferramenta será detalhadamente apresentada num subcapítulo posterior, 5.2.1.

5.1.4 Análise estatística - Clusters

“Análise de *Clusters* é um nome genérico para uma variedade de procedimentos que podem ser usados para a classificação de um grupo de dados” (Aldenderfer & Blashfield, 1984).

Mais especificamente, este método consiste num procedimento estatístico com variáveis múltiplas e que usa um conjunto de dados que contém informação relativa a uma ou várias entidades para tentar agrupar essas mesmas entidades em grupos relativamente homogéneos.

A organização dos dados em grupos é feita de tal forma que deve obedecer a determinadas metodologias e estratégias, pelo que está longe de ser uma selecção artificial ou arbitraria (Multivariate Statistics, 2005). As técnicas de *clustering* tentam estabelecer critérios de semelhança entre grupos, através da minimização de variações internas ao grupo, enquanto maximizam as variações entre grupos. A distinção de grupos é normalmente baseada na classificação de distâncias, classificação essa que pode ser executada de formas distintas, como posteriormente se apresentará.

Os dois passos essenciais e inerentes à análise de dados através de Clusters são a medição das distâncias entre os objectos e o agrupamento dos objectos baseado nas medições anteriores. O desenvolvimento desta análise para o trabalho que têm vindo a ser apresentado foi realizado com o apoio de uma ferramenta matemática, o *Matlab*. Esta ferramenta integra um vasto conjunto de funções matemáticas, das quais se salienta para este caso a análise estatística através de clusters. A função *kmeans* é

responsável por determinar um dado número de grupos de objectos, baseada na técnica de agrupamento escolhida. A sintaxe dessa mesma função é apresentada de seguida:

$$[idx, C] = kmeans(X, k, 'param1', 'val1', ...)$$

Equação 10: Sintaxe da Função kmeans [adaptado de (kmeans - Functions: Statistics Toolbox, 2007)]

Da Equação 10 atrás apresentada, *idx* representa uma matriz, e para este trabalho específico, uma matriz com uma coluna apenas onde estão identificados os grupos atribuídos a cada objecto e o vector coluna *C* que contém os valores dos centróides.

Centróide é um ponto que está no centro do grupo, de tal forma que se forem criados três grupos de dados distintos, existirão três centróides distintos, aos quais é atribuído um objecto consoante a distância a que se apresenta do centróide. Isto significa que a atribuição de um dado objecto a um centróide depende da sua distância, que deverá ser a menor possível.

Considerando novamente a Equação 10, o lado direito da equação é caracterizado pelos *inputs* da função, ou seja, as variáveis e parâmetros de entrada que irão influenciar o cálculo dos grupos. A variável *X* representa o vector de dados que se pretende analisar - para o caso deste trabalho as amplitudes da onda cerebral em causa, *k* indica o número de grupos que se pretendem criar para agrupar os dados/objectos e os parâmetros e valores são especificações da função *kmeans*, apresentadas posteriormente. Relativamente à escolha do número de grupos mais adequados aos dados a analisar, esta decisão deve ser estabelecida de acordo com uma classificação prévia dos dados de forma gráfica ou analítica (Multivariate Statistics, 2005). Se esta decisão se basear numa análise gráfica, pode recorrer-se a estratégias de representação como silhuetas dendogramas. Se se basear numa análise numérica, pode recorrer-se a ordenações, declives e aglomerados, entre outros.

No que respeita a este trabalho, a decisão do número de grupos foi baseada numa análise gráfica juntamente com uma numérica, de forma a complementarem-se e garantirem a escolha correcta. A estratégia de evolução por degraus adoptada e apresentada no subcapítulo 5.1.3 esteve na base da análise gráfica referida. Dado existirem três partes directamente associadas aos três estados emocionais induzidos – alegria, neutro e tristeza – a sua representação gráfica permitiu a visualização de patamares associados às amplitudes da onda cerebral em causa. Através de uma análise

numérica, e mais especificamente do cálculo do valor médio das amplitudes de cada uma das três zonas referidas, concluiu-se que o valor mais adequado para o número de grupos seria três.

Os parâmetros e valores que lhe estão associados, tal como indicado na Equação 10, caracterizam a estratégia adoptada para a criação dos grupos de objectos/dados pretendidos. Os principais parâmetros são *distance*, *start*, *replicates*, *maxiter*, *emptyaction* e *display* e serão detalhados de seguida.

```
'Distance' - Distance measure, in P-dimensional space, that KMEANS
should minimize with respect to. Choices are:
  {'sqEuclidean'} - Squared Euclidean distance
  'cityblock'     - Sum of absolute differences, a.k.a. L1
  'cosine'        - One minus the cosine of the included angle
                  between points (treated as vectors)
  'correlation'   - One minus the sample correlation between
                  points (treated as sequences of values)
  'Hamming'      - Percentage of bits that differ (only
                  suitable for binary data)
```

Figura 34: Propriedade *distance* da Função *kmeans* (kmeans - Functions: Statistics Toolbox, 2007)

Na Figura 34 estão definidas as opções associadas à metodologia escolhida para o cálculo das distâncias entre os objectos/dados. Durante a fase de desenvolvimento deste tipo de análise estatística, foram eliminados *a priori* as escolhas *Hamming* e *cosine*. Tal como descrito na Figura 34, a opção *Hamming* adequa-se a dados binários, logo a sua exclusão é automática; por outro lado, a escolha *cosine* é inviável dado que os valores numéricos dos dados são muito elevados comparativamente aos esperados para uma análise deste tipo, pelo que esta opção foi também excluída. Relativamente a *correlation*, esta estratégia foi posta de parte dado ser mais adequada a sequências de valores, o que não corresponde ao tipo de dados biométricos que se pretende analisar. Das restantes opções, *sqEuclidean* e *cityblock*, a decisão da escolha mais adaptada à análise dos dados biométricos foi baseada nos resultados de semelhança fornecidos pela função *silhouette*, cuja sintaxe é apresentada na Figura 35.

`S = SILHOUETTE(X, CLUST)` returns the silhouette values in the N-by-1 vector `S`, but does not plot the cluster silhouettes.

`[S,H] = SILHOUETTE(X, CLUST)` plots the silhouettes, and returns the silhouette values in the N-by-1 vector `S`, and the figure handle in `H`.

`[...] = SILHOUETTE(X, CLUST, DISTANCE)` plots the silhouettes using the inter-point distance measure specified in `DISTANCE`.

Figura 35: Sintaxe da Função silhouette (kmeans - Functions: Statistics Toolbox, 2007)

Através da indicação do vector de dados `X` e do posicionamento dos objectos nos respectivos grupos pelo vector `idx` é construído um vector coluna cujos seus valores contêm a taxa de semelhança – proximidade – entre os objectos escolhidos para um dado grupo e o respectivo centróide. Seguidamente calcula-se a média das taxas de semelhança para a onda cerebral em estudo e compara-se essa mesma média aplicando o método *sqEuclidean* ou o *cityblock* relativo às distâncias. Na Equação 11 é apresentada uma possível estratégia para calcular a taxa de semelhança com o apoio do *Matlab*.

$$\begin{aligned} [\text{silh1}, h] &= \text{silhouette}(\text{data}, \text{idx}, 'sqEuclidean'); \\ [\text{silh2}, h] &= \text{silhouette}(\text{data}, \text{idx}, 'cityblock'); \\ [\text{mean}(\text{silh1}), \text{mean}(\text{silh2})]; \end{aligned}$$

Equação 11: Algoritmo para Cálculo da Taxa de Semelhança

Através deste cálculo foi possível concluir que a aplicação do método *sqEuclidean* no cálculo das distâncias entre objectos é o mais adequado ao tipo de dados biométricos tratados neste trabalho.

Até este ponto foi então decidido que o número de grupos a usar é em número três e a estratégia mais proveitosa para o cálculo das distâncias entre os objectos é a distância euclidiana, como apresentado e justificado atrás. O parâmetro seguinte a analisar na função *kmeans* é o *start*, como apresentado na Figura 36.

```
'Start' - Method used to choose initial cluster centroid positions,
sometimes known as "seeds". Choices are:
    {'sample'} - Select K observations from X at random
    'uniform' - Select K points uniformly at random from
                the range of X. Not valid for Hamming distance.
    'cluster' - Perform preliminary clustering phase on
                random 10% subsample of X. This preliminary
                phase is itself initialized using 'sample'.
matrix - A K-by-P matrix of starting locations. In
this case, you can pass in [] for K, and
KMEANS infers K from the first dimension of
the matrix. You can also supply a 3D array,
implying a value for 'Replicates'
from the array's third dimension.
```

Figura 36: Parâmetro *start* da Função *kmeans* (*kmeans* - Functions: Statistics Toolbox, 2007)

Uma análise cuidada das diversas opções para o parâmetro *start* permite concluir que aquele que mais se adapta à análise em questão é o *sample* dado que escolhe três objectos aleatórios da amostra completa, evitando assim a tendência de optar por um valor previamente conhecido e garantindo também a homogeneidade entre os objectos/dados do mesmo grupo.

No que concerne aos restantes parâmetros, nomeadamente *replicates*, *maxiter*, *emptyaction* e *display*, estão são importantes aquando do desenvolvimento e optimização do método de análise, no entanto e após a sua conclusão deixam de ser necessários. Assim sendo é a partir deste ponto possível gerar a função *kmeans*, responsável pela distribuição dos dados biométricos em três clusters através dos parâmetros atrás definidos. Considere-se a Equação 12 onde é apresentado o algoritmo implementado neste trabalho para a criação dos grupos de dados biométricos.

$$[idx, ctrs] = kmeans(data, 3, 'dist', 'sqEuclidean', 'start', 'sample');$$

Equação 12: Algoritmo para a Criação dos Grupos

Da equação anterior resultam uma matriz de dados com um vectores coluna – *idx* – que incluiu o grupo ao qual cada objecto pertence e outro vector coluna – *ctrs* – que inclui os valores dos três centróides associados a cada um dos grupos.

5.2 Ferramentas de apoio

A utilização das metodologias descritas no subcapítulo anterior – 5.1 – permite por um lado aumentar e melhorar a qualidade das decisões futuras relativamente aos dados biométricos captados, e por outro homogeneizar os procedimentos e metodologias adaptadas aos dados. Torna-se assim possível e bastante favorável o desenvolvimento e/ou utilização de ferramentas capazes de tirar proveito das estratégias e análises abordadas no sentido de melhorar o desempenho do sistema de classificação emocional.

Ao longo dos próximos subcapítulos irão ser apresentadas as ferramentas de maior importância para o âmbito deste projecto, com especial ênfase naquelas que foram inteiramente desenvolvidas para satisfazer as necessidades e expectativas surgidas ao longo dos seis meses de trabalho.

5.2.1 Protótipo para a classificação dos estados emocionais - EAT

EAT designa *Emotions Assessment Tool*, uma ferramenta inteiramente projectada e desenvolvida no âmbito deste trabalho e que visa tirar partido das técnicas de captura, difusão e processamento dos dados referidas nos subcapítulos 3.1 e 5.1 para a classificação emocional do sujeito no final da sessão experimental.

A indução emocional do sujeito em três fases distintas e perfeitamente identificadas – alegria durante os primeiros dois minutos da sessão, seguida de uma fase neutra de duração dois minutos e finalizada com o estado emocional de tristeza também com uma duração de dois minutos – permite determinar qual das três fases foi mais eficiente, ou seja, a que induziu de forma mais coerente e veemente o sujeito num estado emocional diferente daquele em que se encontrava anteriormente. Assim sendo foram definidas duas classificações emocionais principais, em conjunto com duas que apesar de serem secundárias são também importantes.

A classificação de Alegria indica que a fase de indução emocional correspondente à alegria superou a eficácia da fase correspondente à tristeza, pelo que o sujeito esteve globalmente mais alegre do que triste. De um ponto de vista inverso, a

classificação de Tristeza indica que o sujeito esteve maioritariamente triste durante a apresentação do conteúdo multimédia de indução emocional apresentado na sessão experimental.

Relativamente às classificações secundárias, estas incluem um estado de indiferença e outro inconclusivo. Se o estado emocional do sujeito não indicou uma prevalência da alegria relativamente à tristeza ou da tristeza relativamente à alegria, ou devido à indução emocional não ter sido bem sucedida e consequentemente o sujeito não ter alterado o seu estado emocional, conclui-se que o estado emocional do sujeito perante a apresentação do conteúdo multimédia é de indiferença. No que respeita ao estado inconclusivo, este é atribuído quando a ferramenta não é capaz de determinar uma resposta coerente face aos dados biométricos recolhidos, e este tipo de respostas é maioritariamente associado a sessões experimentais que foram descartadas de acordo com a política de descarte apresentada no subcapítulo 4.5.

5.2.1.1 Interface e funcionalidades da EAT

Na Figura 37 seguinte é apresentado o interface gráfico da ferramenta EAT no seu estado inicial, através do qual é possível observar as principais funcionalidades desta ferramenta.

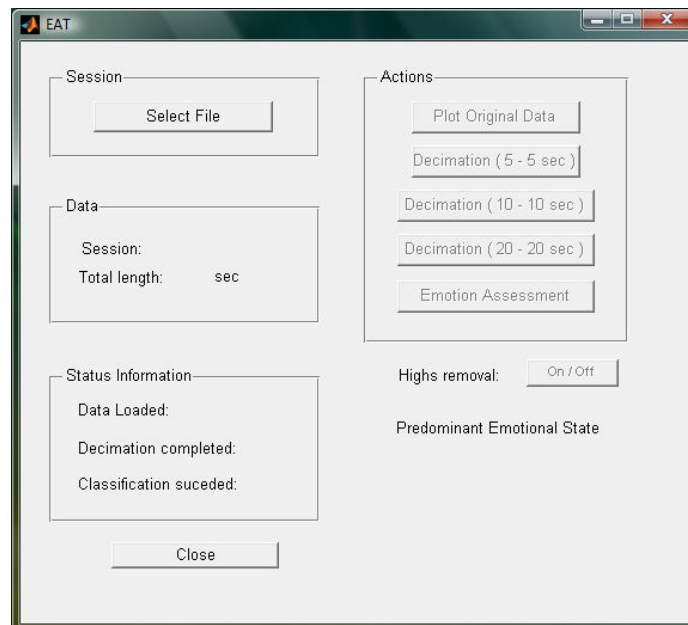


Figura 37: EAT no Estado Inicial

A interação entre o utilizador e a ferramenta está dividida por secções, cada uma delimitada por um rectângulo com os respectivos comandos no seu interior. As secções de *Data*, *Status Information* e *Predominante Emotional State* dizem respeito a *outputs* da ferramenta, ou seja, informações enviadas ao utilizador, enquanto que as secções *Session*, *Actions* e *Highs removal* representam acções a serem executadas pelo utilizador no sentido de fornecer um resultado posterior. Seguidamente será apresentada uma descrição mais pormenorizada da ferramenta EAT e serão salientadas as suas principais funcionalidades.

A secção *Session* é responsável pela escolha do ficheiro de dados e posterior análise dos dados nele contidos. O tipo de ficheiros aceites são do tipo **.dat*, um formato de dados típico do *Matlab* e que apenas tem como função importar os dados dos EEG em formato **.txt*, e através do carácter delimitador *tab* converter esse mesmo ficheiro de texto num ficheiro de dados **.dat* interpretável pelo *Matlab* e com os valores das amplitudes das ondas cerebrais apresentados sob a forma de uma matriz de dados, facilitando assim o seu tratamento e processamento futuros. É importante salientar que o único tipo de pré-processamento de dados existente antes da criação do ficheiro **.txt* é relativo à filtragem do sinal original nas respectivas bandas de frequência associadas a cada uma das ondas cerebrais estudadas, como referido no subcapítulo 5.2.3.1, pelo que esta conversão tem apenas o propósito de facilitar o manuseamento dos dados por parte da ferramenta EAT através do *Matlab*.

Após o carregamento dos dados relativos a uma sessão experimental, a secção *Data* informa o utilizador do número da sessão à qual os dados que foram carregados estão associados bem como a duração total desse mesma sessão experimental, expressa em segundos.

A secção *Status Information* é caracterizada por um conjunto de três indicadores coloridos com três estados distintos. A cor cinzenta representa que o início da actividade associado a esse indicador ainda não se realizou; a cor vermelha indica que a actividade em causa está a ser processada; e a cor verde indica que a actividade em causa foi desenvolvida com sucesso. No momento em que é escolhido o ficheiro de dados **.dat* e os dados começam a ser carregados, o indicador associado a *Data Loaded* passa de cinzento para vermelho, e após o carregamento dos dados ter ocorrido com sucesso, esse mesmo indicador tornar-se-á verde. De forma semelhante, o estado do indicador para *Decimation completed* e *Classification succeed* alteram consoante a operação que lhes está associada está em fase de desenvolvimento – indicador

vermelho – ou já se encontra desenvolvida – indicador verde. Se for carregado um novo ficheiro de dados *.dat os indicadores relativos a *Status Information* tornar-se-ão cinzentos.

Relativamente à secção *Actions*, esta apresenta cinco botões de acção distintos, cada um dos quais está directamente associado a uma única acção e apenas se tornam visíveis/operáveis após a operação precedente ter sido realizada com sucesso. Assim sendo, a acção *Plot Original Data* tem como função representar o gráfico das três ondas cerebrais seleccionadas e relevantes para este estudo, as ondas Teta, Beta e Gama, sem qualquer tipo de tratamento dos dados, ou seja, na sua forma original. A Figura 38, seguidamente apresentada, contém um exemplo do resultado obtido aquando da representação gráfica dos dados originais associados à sessão experimental sete.

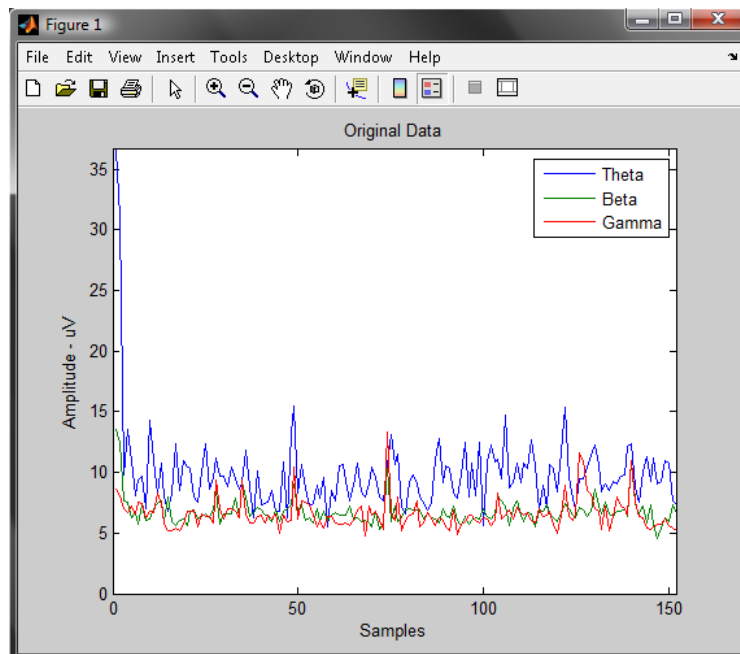


Figura 38: Representação Gráfica dos Dados Originais

No que respeita aos botões de acção relativos à decimação, estes realizam essa mesma tarefa, descrita mais detalhadamente no subcapítulo 5.1.1, em intervalos de tempo de cinco, dez e vinte segundos respectivamente, de tal forma que o resultado de tal operação é apresentado sob a forma de um gráfico com os três tipos de ondas estudados devidamente identificados e apresentados na Figura 39.

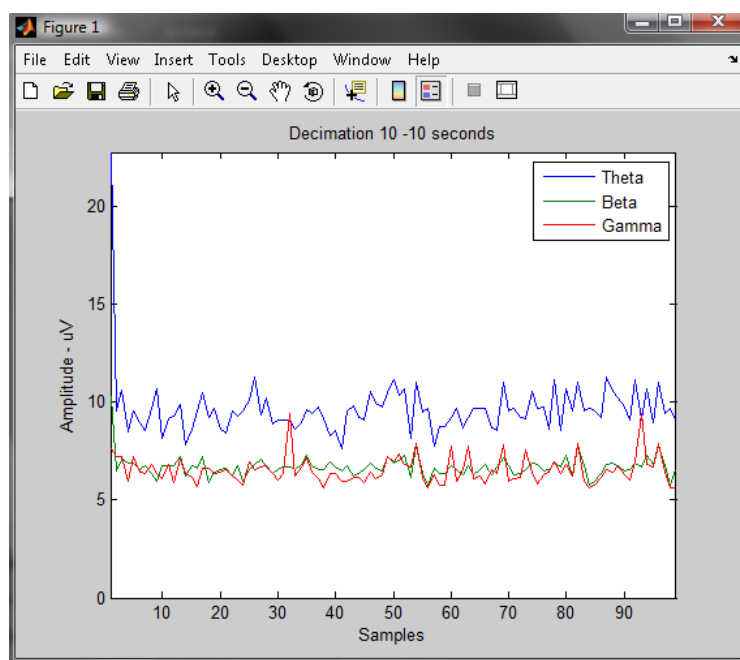


Figura 39: Representação Gráfica da Decimação de 10 em 10 segundos

O botão de acção *Emotions Assessment* é responsável pelo cálculo dos *clusters*, tema abordado previamente no subcapítulo 5.1.4, e posterior decisão do estado emocional predominante do sujeito durante a sessão experimental em análise. O resultado dessa mesma decisão é apresentado sob duas formas, uma sob o ponto de vista da análise estatística associada à decisão e outro representativo. Da análise estatística resulta um gráfico com a distribuição dos *clusters* para ambas as ondas Beta e Gama¹⁵. Na Figura 40 está apresentado um exemplo do resultado obtido da análise de *clusters* para a sessão experimental sete.

¹⁵ Apesar de se analisarem as três principais ondas cerebrais associadas às emoções, ao longo deste trabalho e dos desenvolvimentos e conclusões obtidas a partir de bibliografia consultada e das sessões experimentais realizadas, conclui-se que as ondas cerebrais de maior relevância para o estudo dos estados emocionais são as ondas de alta frequência. (Teixeira & Vinhas, 2007). Desta forma a análise estatística é baseada apenas nas ondas Beta e Gama.

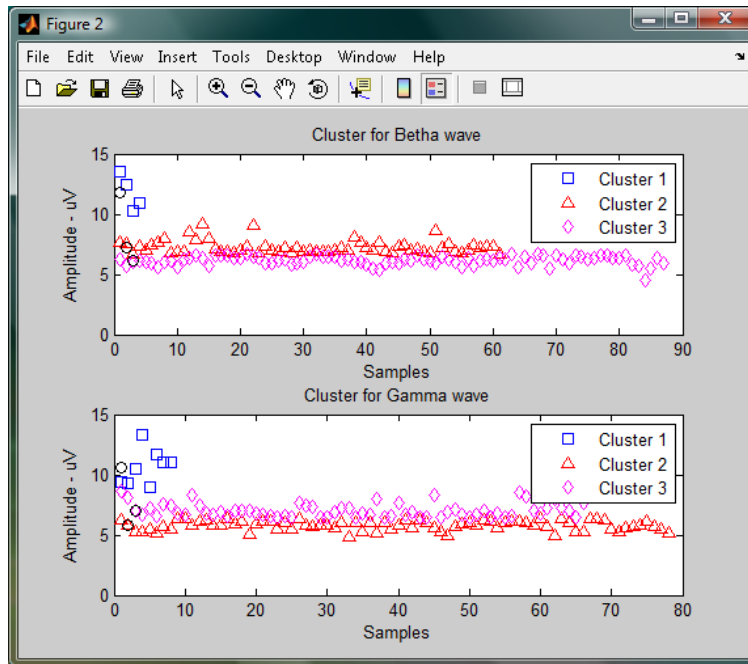


Figura 40: Representação Gráfica da Análise Estatística - Clusters

Através da observação da Figura 40 nota-se uma maior predominância de pontos associados ao *cluster* de menor amplitude, o que detona uma forte tendência para que o estado emocional predominante nesta sessão experimental seja tristeza. Esta análise, apesar de ter sido apresentada de uma forma muito simplista, está na base da decisão e análise estatística e será apresentada ainda neste subcapítulo. Do ponto de vista representativo, após a determinação do estado emocional predominante é apresentada uma imagem que expressa esse mesmo estado emocional. As possíveis imagens representativas resultantes da análise e determinação do estado emocional predominante são apresentadas na Figura 41.

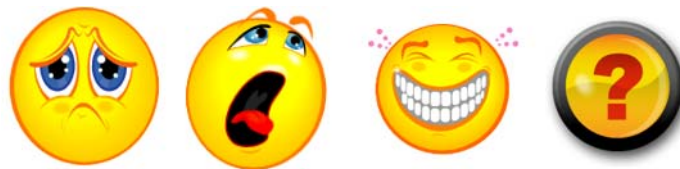


Figura 41: Imagens Representativas dos Estados Emocionais

Na Figura 41 acima estão representados e ordenados da esquerda para a direita os estados emocionais de tristeza, indiferença, alegria e inconclusivo. O estado inconclusivo não representa directamente um estado emocional, mas sim o resultado de o insucesso por parte da ferramenta EAT em determinar o estado emocional

predominante devido a uma não conjugação dos resultados obtidos entre o estado emocional identificado através da onda Beta e através da onda Gama.

Por fim, não obstante de ser uma técnica importante, o botão de acção *Highs Removal* está associado à acção de remoção de picos existentes nos dados importados da sessão experimental, e a sua activação/desactivação vai influenciar as acções tomadas de seguida. Considere-se por exemplo o caso da representação dos dados recolhidos pelo EEG durante a sessão experimental sete sem a aplicação da remoção de picos e com essa mesma técnica implementada.

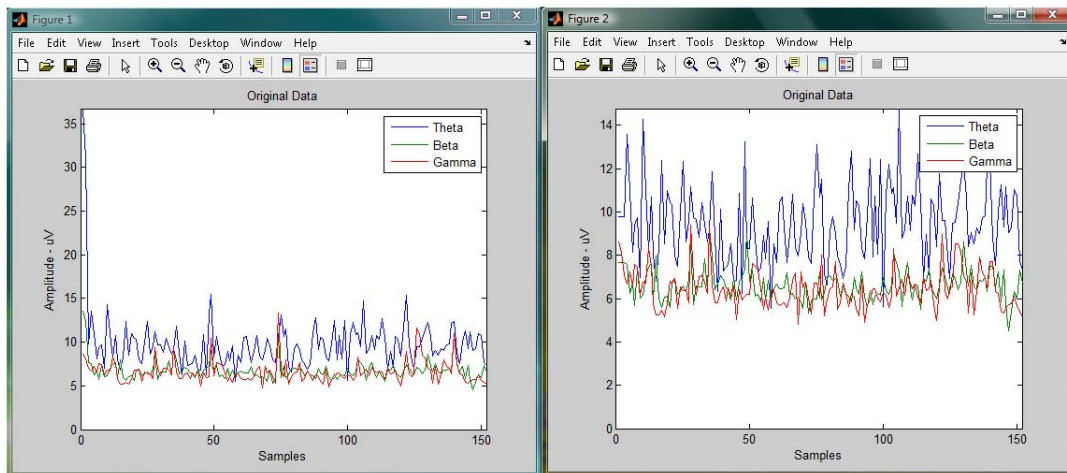


Figura 42: Representação Gráfica dos Dados sem e com Remoção de Picos

A Figura 42 acima representada evidencia a diferença entre a utilização e a não utilização da técnica de remoção de picos e a sua influência nos resultados, para este caso da representação gráfica dos dados.

Aglomerando todas as informações que têm vindo a ser apresentadas sobre o funcionamento desta ferramenta, segue-se a apresentação final da consola de interface com o utilizador após o cálculo do estado emocional predominante.

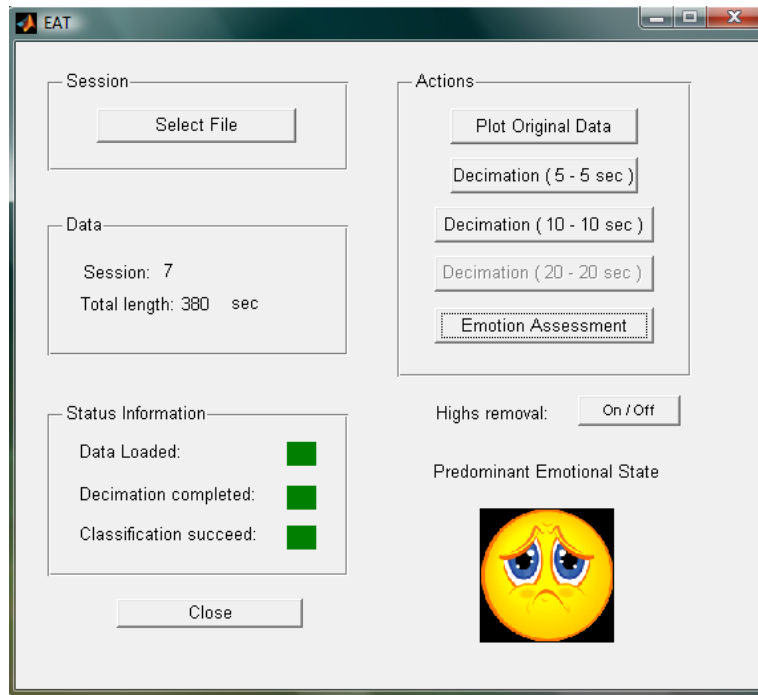


Figura 43: Consola de Interface com o Utilizador

Da Figura 43 acima apresentada conclui-se que os dados biométricos analisados pertenciam à sessão experimental sete cuja duração total é de 380 segundos e o estado emocional predominante é tristeza.

5.2.1.2 Estratégias de desenvolvimento

Como foi referido no subcapítulo anterior – 5.2.1 – a ferramenta EAT foi desenvolvida com o apoio do software de simulação *Matlab*. Ao longo do seu desenvolvimento foram criadas estratégias de abordagem aos diversos obstáculos e desafios propostos no sentido de otimizar e melhor a qualidade desta mesma ferramenta. A Figura 44 seguidamente representa um esquema com os vários estádios abordados ao longo do desenvolvimento da EAT.

A importação de dados consistiu no ponto de partida para o desenvolvimento desta ferramenta uma vez que a aquisição de dados é essencial para a sua análise e processamento futuro. Desta forma, foram criadas estruturas de dados homogéneos, organizados sob a forma de uma matriz (abordado no subcapítulo 5.1.2) em ficheiros *.dat para serem depois tratados e analisados consoante as acções requeridas pelo utilizador. Dada a natureza da ferramenta de simulação *Matlab*, a maioria das acções estão directamente relacionadas com a activação/desactivação de botões, pelo que as

diversas tarefas que lhes são atribuídas são executadas dentro da função da respectiva chamada. Para o caso da importação de dados, após o accionamento do botão *Select File* é executado um conjunto de funções dentro da chamada da função *open*, dentre as quais se inclui *uigetfile()*. A gestão das variáveis dentro das funções é executada através de *handlers*, de tal forma que essa mesma variável possa ser acessível fora da função onde é criada e acedida/lida numa outra função.

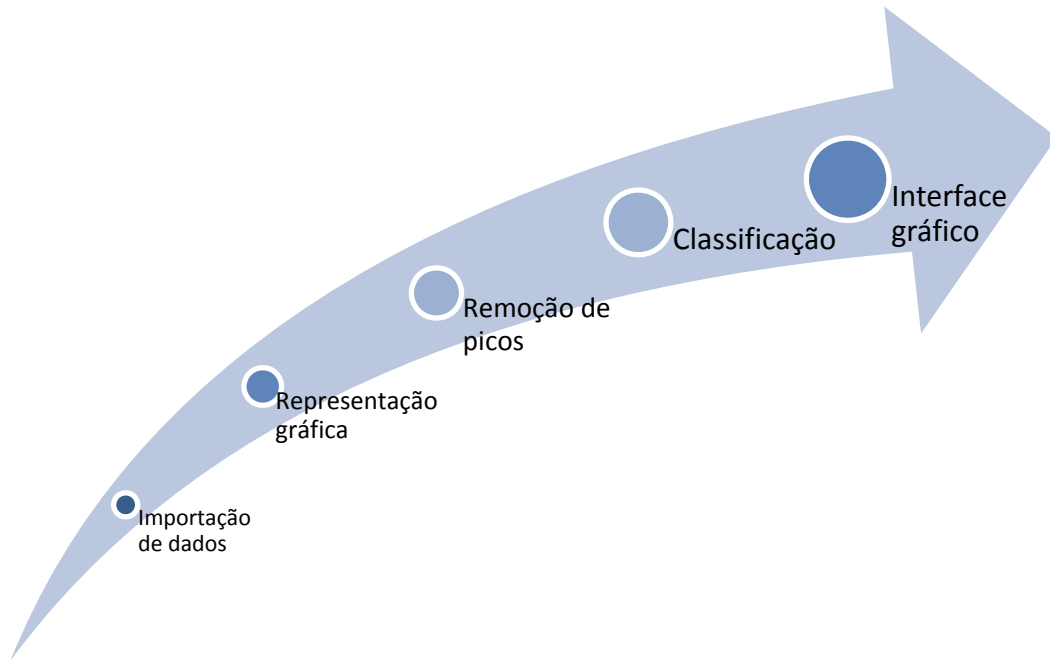


Figura 44: Estádios de Desenvolvimento da EAT

Relativamente à representação gráfica, este passo relaciona-se com a apresentação dos dados biométricos ao longo do seu desenvolvimento temporal. No que respeita ao traçado dos dados originais, não existe nenhuma complexidade adicional, apenas o uso da função *plot()* para a sua representação. Para o cálculo das médias ponderadas, houve necessidade de garantir que o comprimento total da matriz fosse um número par para que aquando do cálculo das médias não ocorresse a divisão de um número por uma célula vazia. Imaginando que se pretende calcular a média do último par de valores da matriz de dados biométricos, se esta for par o cálculo será o último valor somado ao seguinte – que não existe, logo existe a necessidade de criar uma linha extra preenchida com os valores zero, evitando assim este problema. Para que sejam calculadas correctamente as médias ponderadas nos intervalos de cinco, dez e vinte segundos existe a necessidade de recorrer aos dados da decimação anterior,

razão pela qual o botão de acção da decimação dez em dez só está activo após a decimação de cinco em cinco ter sido calculada.

Quanto à estratégia adoptada para a remoção de picos, esta foi abordada no subcapítulo 5.1.2 e consiste, de uma forma muito genérica, em comparar o valor actual com a média dos valores para essa onda cerebral, evitando deste modo que o valor actual ultrapasse um dado limite previamente estipulado. A integração desta estratégia na ferramenta EAT foi desenvolvida de tal forma que a representação gráfica dos dados biométricos pode ou não ser feita com a remoção de picos, pelo que se adoptou o uso de um botão do tipo *toggle*.

A classificação é sem dúvida o cerne desta ferramenta, pelo que foi dado especial ênfase ao seu desenvolvimento e optimização. O primeiro passo a realizar para a classificação do estado emocional é saber qual o estado do botão *highs removal*, mais concretamente se a *flag* de remoção de picos estiver activa, é usado o vector de dados alterado (vector que sofreu a remoção de picos), caso contrário será usado o vector de dados originais. Seguidamente é apresentada a distribuição gráfica dos *clusters*, distribuídos em dois gráficos distintos, cada um deles associado a uma das ondas cerebrais estudadas, a onda Beta e a onda Gama. Esta representação permite confrontar os resultados obtidos para a classificação emocional através de cada uma das duas ondas, ainda que de uma forma provisória.

O passo seguinte, relativo à classificação emocional, consiste na criação de um vector com o número de pontos alocados a cada um dos *clusters* e devidamente ordenados. A sua ordenação é feita com base na escolha de três *clusters* para a análise estatística, conforme apresentado na Figura 45.

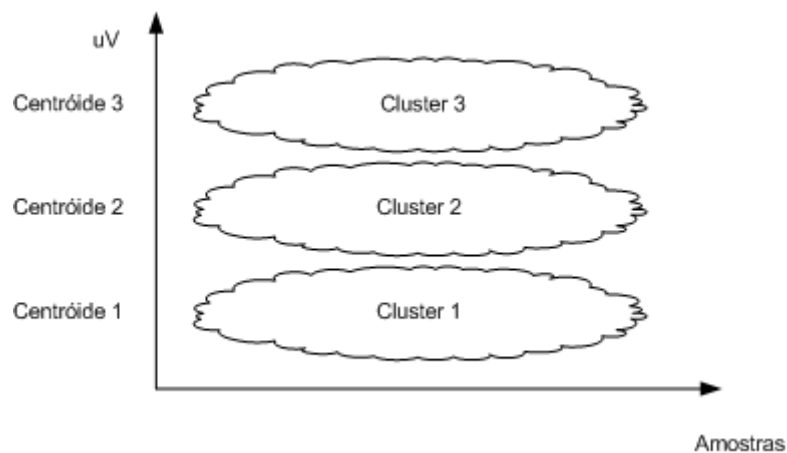


Figura 45: Gráfico da Distribuição dos Clusters

Cada um dos três *clusters* apresentados na Figura 45 está associado ao seu respectivo centróide. Os centróides estão dispostos em ordem crescente de valor de amplitude desde o valor mais baixo atribuído ao centróide 1 até ao valor mais elevado atribuído ao centróide 3. Das análises das sessões experimentais efectuadas e disponíveis no Anexo G, concluiu-se que as sessões predominantemente tristes caracterizam-se por um elevado número de amostras associadas ao centróide 1, e de forma contrária, uma sessão predominantemente alegre caracteriza-se por um elevado número de amostras associadas ao centróide 3. As sessões experimentais cujo estado emocional predominante é a indiferença caracterizam-se por um maior número de amostras no *cluster 2*.

Esta conclusão permitiu assim avançar para o passo seguinte na classificação emocional, determinar a posição dos centróides e o número de amostras associado a cada um deles, como apresentados na Equação 13.

$$\begin{aligned} pos_Ctrs_beta &= [posB_C1 ; posB_C2 ; posB_C3] \\ pos_Ctrs_gama &= [posG_C1 ; posG_C2 ; posG_C3] \\ length_beta &= [C1B ; C2B ; C3B] \\ length_gama &= [C1G ; C2G ; C3G] \end{aligned}$$

Equação 13: Posicionamentos e Comprimentos dos Clusters

A partir dos posicionamentos e comprimentos de cada um dos *clusters* procedeu-se ao cálculo dos pesos de cada um deles no número total de amostras da respectiva onda cerebral, para depois ser aplicado o algoritmo de decisão do estado emocional predominante.

A decisão final passa ainda por um passo intermédio que consiste no cálculo do estado emocional predominante de forma independente para as ondas Beta e Gama, que será posteriormente avaliado e comparado a fim de se atingir o resultado final. Desta forma são desenvolvidos dois algoritmos idênticos para ambas as ondas, tal como apresentado na Equação 14.

$$\begin{aligned} &\text{Se } (C2B_{\%} > C3B_{\%} \ \& \ C2B_{\%} > C1B_{\%}) \\ &\quad \text{Então } (estado_{emocional \ Beta} = 'indiferença') \\ &\text{Senão} \end{aligned}$$

Se ($C3B_{\%} > 10$)

Então ($estado_{emocional\ Beta} = 'Alegria'$)

Se ($C3B_{\%} < 10$)

Então ($estado_{emocional\ Beta} = 'Tristeza'$)

Equação 14: Algoritmo de Decisão do Estado Emocional para cada uma das Ondas Cerebrais

No algoritmo apresentado na Equação 14, $C3B_{\%}$ representa o peso do *cluster 3* face aos restantes, isto é, a relação entre o número de amostras associadas ao *cluster 3* comparativamente ao número de amostras total. Neste algoritmo foi apresentada a estratégia para a classificação emocional para o caso da onda Beta, devendo no entanto ser generalizado para ambas as ondas Beta e Gama.

É face a esta generalização que se torna necessária a execução do último passo na classificação emocional desta ferramenta, a comparação entre os estados emocionais obtidos após a análise da onda Beta e Gama. Tal comparação deverá resultar num valor verdadeiro, visto que são estas ondas de alta frequência e estão directamente relacionadas com as emoções (Teixeira & Vinhas, 2007). No entanto, e para o caso de tal comparação retornar um valor falso, desenvolveu-se um algoritmo capaz de efectivamente determinar o estado emocional predominante do sujeito com base nos resultados obtidos após a análise separada para cada uma das ondas cerebrais estudadas, que é apresentado na Equação 15.

Se ($estado_{emocional\ Beta} = estado_{emocional\ Gama}$)

Então $estado_{emocional} = estado_{emocional\ Beta}$;

Se ($estado_{emocional\ Beta} = 'Alegria'$ & $estado_{emocional\ Gama} = 'Tristeza'$)

Então $estado_{emocional} = 'Inconclusivo'$;

Se ($estado_{emocional\ Beta} = 'Indiferença'$

& $estado_{emocional\ Gama} \neq 'Indiferença'$)

Então $estado_{emocional} = estado_{emocional\ Gama}$;

Se ($estado_{emocional\ Beta} \neq 'Indiferença'$
 & $estado_{emocional\ Gama} = 'Indiferença'$)
 Então $estado_{emocional} = estado_{emocional\ Beta}$

Equação 15: Algoritmo de Decisão do Estado Emocional

Deste modo, o valor da variável $estado_{emocional}$ estará associado a um dos três estados emocionais possíveis de serem analisados através desta ferramenta, ou ainda o estado inconclusivo, e tem correspondência directa com uma das imagens representativas apresentadas na Figura 41.

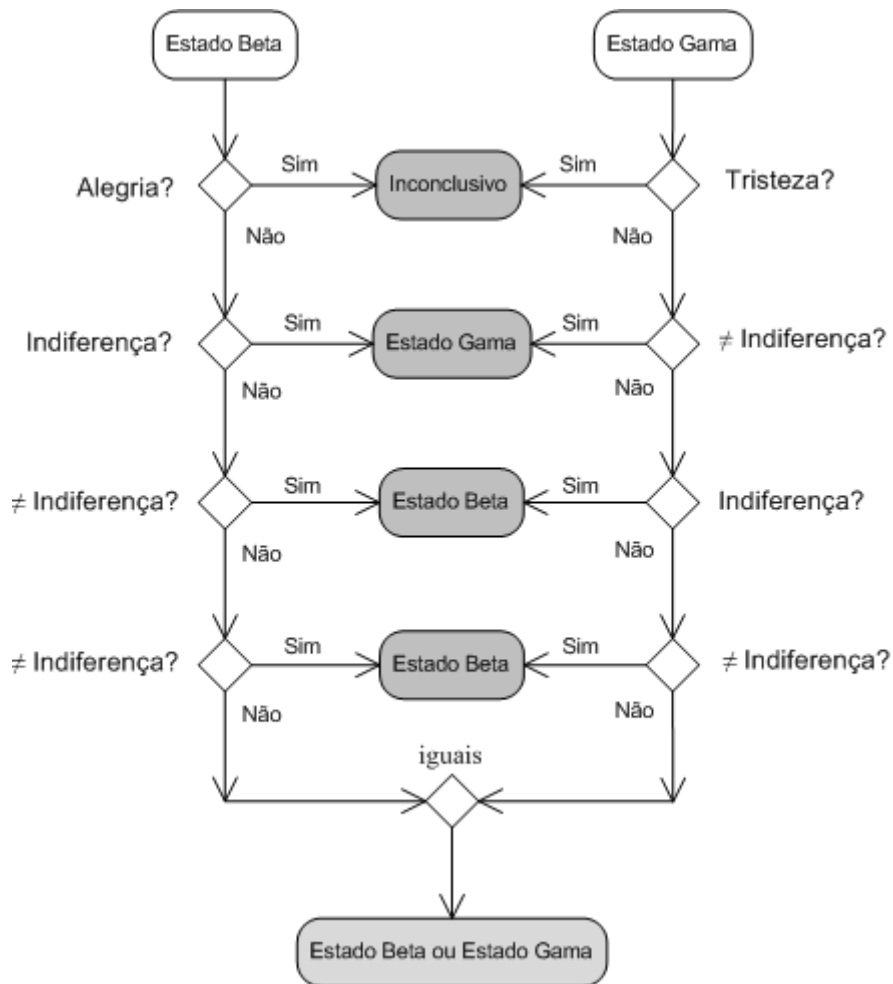


Figura 46: Diagrama UML da Decisão do Estado Emocional

Através do diagrama UML apresentado na Figura 46 obtêm-se uma perspectiva mais global da aplicação do algoritmo de decisão do estado emocional. A cada estado,

representado por um rectângulo, está associado um valor para a respectiva variável. A decisão final é representada por um rectângulo de cor cinzenta e os testes executados ao longo do algoritmo por losangos com as respectivas condições de teste associadas.

Assim sendo, o resultado final do pedido por parte do utilizador em realizar a classificação emocional da sessão experimental em causa culmina na apresentação da respectiva imagem representativa, como é possível observar no exemplo da Figura 43.

5.2.2 GSR control application

A captação dos dados biométricos para posterior análise e processamento faz parte da primeira camada da arquitectura global do sistema, a camada de recolha e difusão de dados biométricos, como discutida no subcapítulo 3.1.

Aquando da aquisição do GSR – equipamento biométrico para a detecção da actividade eléctrica na pele – constatou-se que o software disponibilizado pelo fabricante era muito limitativo e encontrava-se aquém das expectativas, pelo que se tornou essencial desenvolver uma ferramenta capaz de captar, armazenar e monitorizar em tempo real os dados biométricos relativos à actividade eléctrica da pele. Para colmatar essa lacuna foi desenvolvida a aplicação *GSR control application*, que será apresentada ao longo deste subcapítulo.

O desenvolvimento desta ferramenta teve como aspectos fundamentais a facilidade e fiabilidade das operações resultantes da sua utilização, nomeadamente no que respeita à monitorização dos dados em tempo real e da exportação dos mesmos para um ficheiro em formato *.txt.

5.2.2.1 Caracterização da ferramenta

O interface gráfico desta aplicação permite ao utilizador gerir todo o tipo de informações necessárias ao funcionamento da mesma. Este mesmo interface é composto por *inputs* e *outputs*, acções ou pedidos realizados pelo utilizador e respostas fornecidas pela ferramenta. As acções pertencentes a categorias semelhantes encontram-se agrupadas tal como apresentado na Figura 47.

No que respeita à comunicação entre o dispositivo biométrico - *GSR ThoughtSream Biofeedback System* – e o computador, esta é feita através de uma porta

série, e dada a utilização variada das portas série disponíveis num computador, foi criada a opção de selecção da porta série à qual o dispositivo estará conectado, através de um menu do tipo *pop-up menu*.

Após a escolha da porta série através do qual a comunicação entre o dispositivo biométrico e o computador é executada, é necessário identificar o endereço IP e a porta de destino para o envio dos dados. Dado que durante as sessões experimentais ambas as partes, servidor e cliente, funcionaram a partir do mesmo computador, a escolha do endereço IP resume-se ao endereço *localhost*. A partir deste momento é possível criar uma ligação através de *sockets* para o envio e recepção dos dados biométricos, accionando o botão de acção *Start Listening*.

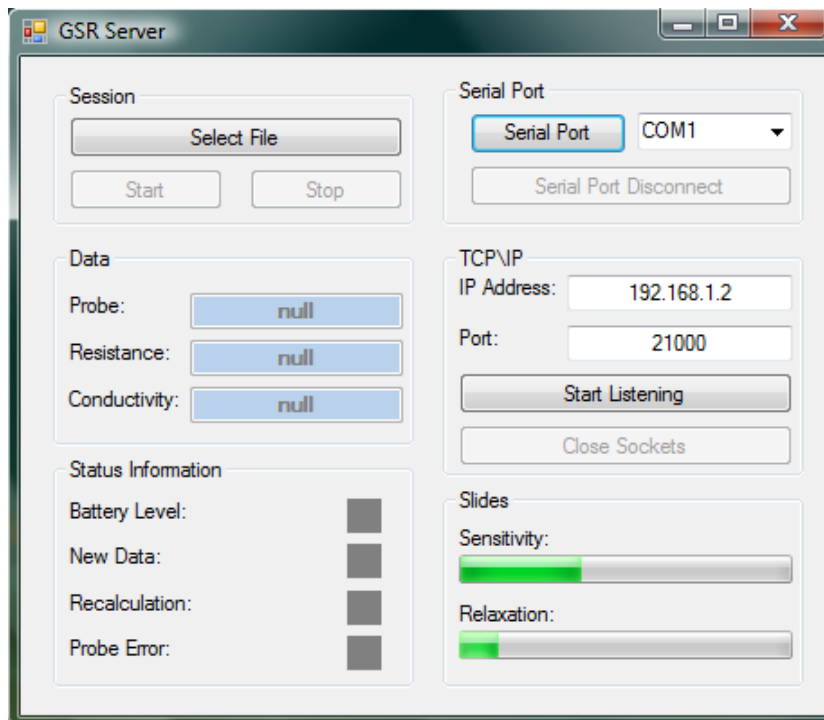


Figura 47: GSR Control Application

O próximo passo associado à utilização desta ferramenta consiste na selecção/criação de um ficheiro de texto do tipo *.txt onde serão armazenados os dados biométricos captados para futura análise e processamento, através do botão de acção *Select File* apresentado na Figura 47.

Os três passos anteriormente descritos – selecção da porta série, escolha do endereço TCP/IP e da porta de comunicação e selecção/criação do ficheiro de dados – fazem parte dos *inputs* da aplicação, ou seja, das acções que o utilizador pode realizar quando interage com o interface gráfico desta aplicação. Os *outputs* presentes na

ferramenta têm como principal objectivo informar o utilizador do estado actual do sistema. Mais detalhadamente, as informações associadas ao grupo *Data* apresentam informações relativas aos dados captados pelo GSR. O valor *probe* representa a resistência de prova, tal como representada na Figura 48. De forma a calcular o valor da resistência R_p é necessário ter em conta a topologia do circuito equivalente do GSR no sentido de obter a fórmula de cálculo directo da resistência de prova. A partir das informações fornecidas pelo fabricante do GSR, e considerando a Figura 48, observa-se que a resistência de prova R_p está em série com $R_1 = 0,47 \text{ M}\Omega$, e que uma tensão de referência V_{ref} é aplicada ao circuito, de tal forma que a tensão em R_1 irá ser medida através de um conversor ADC de 12 bits.

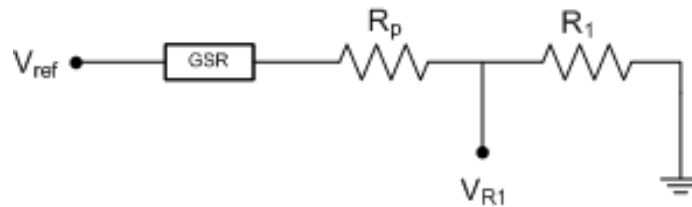


Figura 48: Circuito Equivalente do GSR

Dado que R_p e R_1 formam um divisor de tensão, então considerando a Equação 16:

$$V_{R1} = V_{ref} \times \frac{R_1}{(R_p + R_1)} \Leftrightarrow R_p = \frac{V_{ref} \times 0,47}{V_{R1}} - 0,47$$

Equação 16: Cálculo da Resistência de prova

Convertendo o valor da tensão V_{ref} em 12 bits, tal como apresentado na Equação 17,

$$V_{ref} = (2^{12} - 1) = 4095$$

Equação 17: Conversão da Tensão em Formato Digital

$$R_p = \frac{4095 \times 0,47}{\text{valor a ler}(12\text{bits})} - 0,47 \Leftrightarrow R_p = \frac{1925}{\text{valor a ler}(12\text{bits})} - 0,47$$

Equação 18: Valor Final da Resistência de Prova

Desta forma, e no que concerne ao desenvolvimento da aplicação, a partir do valor lido pelo GSR, e aplicando a expressão final obtida na Equação 18, obtêm-se o valor real da resistência da pele, valor esse que será apresentado no interface gráfico da aplicação na saída *Resistance*. A saída *Conductivity* é simplesmente o inverso do valor da resistência, e de igual forma a sua variação é inversa pelo que um aumento da produção do suor está associado a uma diminuição da resistência da pele e a um aumento da condutividade da mesma. Os valores apresentados em *Data*, *Resistance* e *Conductivity* são calculados praticamente em tempo real (o erro entre o instante em que é lido o valor *probe* pelo GSR e é apresentado na aplicação é irrelevante dadas as capacidades de processamento e de memória disponíveis nos computadores actuais) e estão associados à monitorização em tempo-real deste equipamento biométrico. No subcapítulo 5.2.2.2 será apresentado mais detalhadamente a constituição das tramas enviadas pelo GSR para o computador.

Relativamente ao *Status Information*, este grupo é caracterizado por apresentar o estado global do sistema através de diagramas coloridos – verde indica sucesso, vermelho indica erro ou acção em desenvolvimento e cinzento inoperabilidade. *Battery Level* indica o estado da bateria do dispositivo biométrico, de tal forma que se a capacidade da bateria descer abaixo de um determinado nível predefinido pelo próprio dispositivo, o diagrama torna-se vermelho. O indicador *New Data* altera o seu estado de cada vez que é recebido um novo trama de dados, quer seja um trama apenas com informação do estado do sistema ou com dados relativos às medições efectuadas no sujeito. *Recalculation* é atribuído a uma funcionalidade específica do próprio dispositivo biométrico e que é capaz de recalculer o valor de prova se anteriormente tiver ocorrido um erro de leitura da resistência da pele durante um determinado intervalo de tempo ou se os sensores tiverem sido retirados. Desta forma o cálculo do novo valor de prova, *probe*, é acompanhado por uma alteração do estado do diagrama colorido que está associado a *recalculation*.

A situação de erro referida é ainda indicada ao utilizador através da mudança do diagrama colorido de *probe error*, que se tornará vermelho enquanto o erro persistir.

Por fim o grupo denominado *slides* é caracterizado por um comportamento que varia ao longo da sessão consoante o estado do sujeito. O primeiro dos *outputs*, *Sensitivity* é caracterizado, em conjunto com *Relaxation*, por uma escala que está directamente associada ao estado de relaxamento do sujeito durante a sessão experimental. Assim sendo, se o sujeito estiver nervoso, há um aumento de suor que irá provocar uma diminuição da resistência da pele, o que por sua vez indicará que o sujeito está pouco relaxado. A escala de sensibilidade tem como função adaptar-se ao sujeito a ser testado, visto que o valor nominal para a resistência da pele varia muito de sujeito para sujeito, como se pode constatar nas conclusões obtidas de algumas sessões experimentais apresentadas em Anexo G.

Tendo em conta a caracterização de cada um dos grupos acima apresentada, a Figura 49 representa um momento da captação dos dados proveniente do GSR através da aplicação *GSR control application*. Neste exemplo, o dispositivo biométrico está conectado ao computador pela porta COM5, e o endereço local host é 172.30.39.194. relativamente aos dados capturados, observa-se que o valor instantâneo de prova (*probe*) é de 2255, e através da fórmula de conversão apresentada na Equação 18, é automaticamente calculado o valor da resistência da pele (*Resistance*), que neste exemplo é de 383 k Ω e o seu inverso, 2.610 μ S para a condutividade. As informações de estado estão neste exemplo todas operacionais, desde o nível de bateria que está normal, até ao *probe error* que indica que o sensor está correctamente colocado e os dados estão a ser correctamente recebidos.

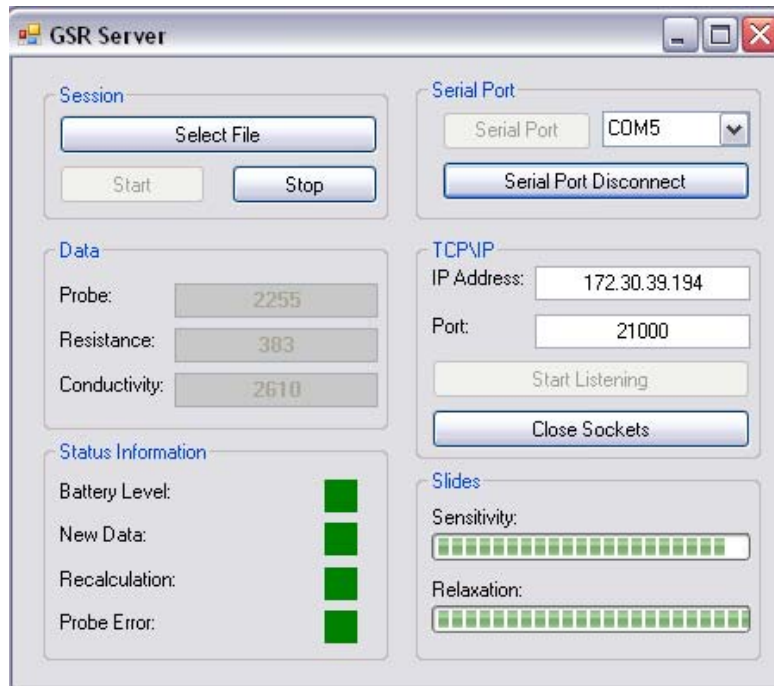


Figura 49: GSR Control Application em Funcionamento

5.2.2.2 Processamento das tramas

A abordagem usada para a interpretação dos dados biométricos captados pelo GSR passa pela análise detalhada das tramas de dados enviados, para assim ser possível separar e analisar a informação de forma correcta. De acordo com a informação disponibilizada pelo fabricante (Mind Modulations - Information and Resources, 2005), a estrutura das tramas enviadas é apresentada na Figura 50.

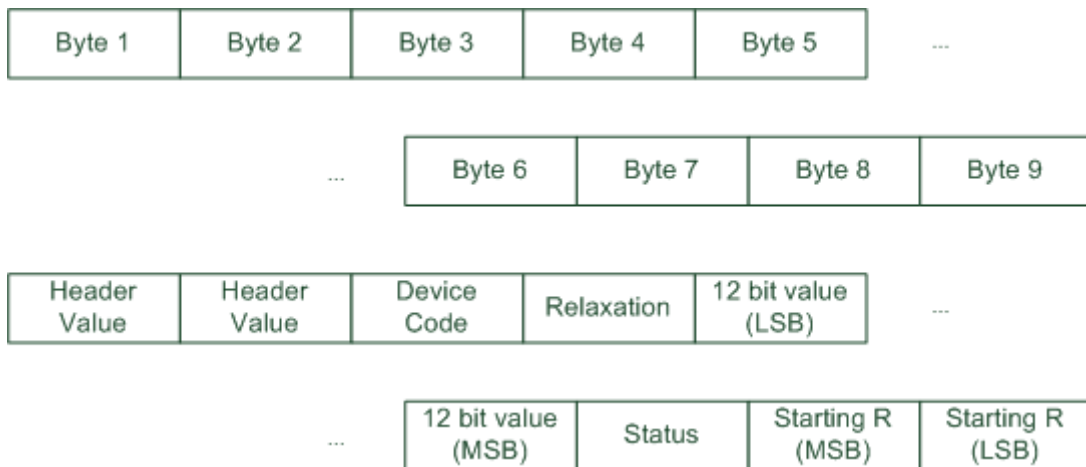


Figura 50: Estrutura da Trama

A cada um dos bytes representados está atribuída uma função muito específica, para que a comunicação entre o GSR e o computador se processe de forma clara. Os bytes 1 e 2 contêm o valor de cabeçalho da trama, um valor fixo, 170 em decimal. Quanto ao byte 3, também este contém um valor fixo, 1, relativo ao código do dispositivo. O valor do byte relativo a *Relaxation* varia desde 0 até 255 consoante o estado do sujeito teste. No que respeita aos bytes 5 e 6, estes são responsáveis pelo envio do valor de 12 bit para depois, através da expressão apresentada em Equação 18, ser calculado o valor da resistência da pele do sujeito. Tal como representado na Figura 50, este valor está dividido pelos bytes 5 e 6 de tal forma que o byte 5 contém os 8 bits menos significativos e o byte 6 os mais significativos. O byte seguinte, o byte 7, é responsável pelas informações e estados do dispositivo, e os seus bits estão organizados da seguinte forma, como apresentado na Figura 51.

Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 5	Bit 6	Bit 7
Probe error	Low battery	Recalculation	Not used	Sensitivity (LSB)	Sensitivity	Sensitivity (MSB)

Figura 51: Estrutura do byte 7 - Status

Através da leitura e interpretação dos bits apresentados na Figura 51 é então possível caracterizar o estado do dispositivo e dos respectivos cálculos, de tal forma que os resultados são assim apresentados ao utilizador como representado na

Figura 47.

Header 1	Header 2	Device Code	Relax	Probe	Probe error	Low battery	
val1	val1	val1	val1	val1	val1	Low battery	
...
val n	val n	val n	val n	val n	val n	val n	

	New data	Recalculation	Sensitivity	Initial probe	Resistance	Conductivity
	val1	val1	val1	val1	val1	val1
...
	val n	val n	val n	val n	val n	val n

Figura 52: Esquema da Distribuição dos Dados do GSR

Resta então referir que, após a interpretação das tramas enviadas pelo GSR, o armazenamento dos dados biométricos em um ficheiro de texto *.txt resultou na estrutura apresentada de seguida na Figura 52 com os valores separados através do carácter delimitador #.

5.2.3 Módulos de software adicionais

A integração de ferramentas desenvolvidas no âmbito de um projecto anterior (Gomes, 2007), nomeadamente o *BioServer* e o *OxiServer*, permitem a recolha dos dados biométricos captados pelo EEG e pelo oxímetro, o seu encapsulamento e envio através da rede TCP/IP para um ou vários clientes localizados em qualquer ponto do globo com acesso à referida rede. A utilização destas ferramentas implica a gestão de quatro aplicações distintas, duas associadas ao servidor, o local físico onde se encontram os dois dispositivos biométricos e o sujeito, e duas outras aplicações do lado do cliente, para a recepção dos dados e armazenamento num ficheiro para posterior análise e processamento dos dados (consultar subcapítulo 3.4 para mais detalhes). Durante as sessões experimentais realizadas no âmbito deste trabalho, o servidor e o cliente funcionaram no mesmo computador, isto é, não houve necessidade do encapsulamento, envio e posterior recepção dos dados biométricos, pelo que a utilização de quatro ferramentas distintas apenas para a gestão dos dados biométricos relativos ao EEG e ao oxímetro dificultariam o desempenho dessa mesma sessão dadas as limitações de capacidade de processamento e memória disponíveis.

Devido à falta de capacidade de processamento dos dados com as aplicações em funcionamento simultâneo, as limitações de memória disponível e a utilização do mesmo computador para a captação e recepção dos dados, decidiu-se usar os módulos de software disponibilizados pelos respectivos equipamentos biométricos, o *BioExplorer* para o EEG (consultar subcapítulo 5.2.3.1) e o *Office Medic* (consultar subcapítulo 5.2.3.2) para o oxímetro. Estes módulos, para além de permitirem a recepção e armazenamento dos dados em formato *.txt, suportam ainda a possibilidade de monitorização em tempo real para além de outras vantagens, descritas nos subcapítulos 5.2.3.1 e 5.2.3.2 seguidamente apresentados.

5.2.3.1 BioExplorer

O *BioExplorer* é um software de apoio ao uso do EEG que permite a aquisição em tempo real de dados biométricos, o seu processamento e visualização. Foi desenvolvido para um tipo de utilização que pode ser quer pessoal quer académica ou investigacional. Este software serve como um suporte para a recolha de dados do EEG e para um tratamento, ainda que preliminar, dos dados recolhidos. São várias as potencialidades a salientar, desde a criação de designs, a construção de filtros, a apresentação dos sinais do domínio do tempo e das frequências e a análise estatística dos dados.

A criação de designs é uma ferramenta muito útil para este trabalho aquando da interpretação e comparação das ondas cerebrais captadas. Através da aglomeração e respectiva ligação entre blocos, é possível a obtenção de sinal filtrado e passível de ser visualmente analisada a partir do sinal RAW¹⁶ captado directamente pelo EEG.

Considere-se o exemplo do diagrama de blocos implementado neste trabalho e apresentado na Figura 53:

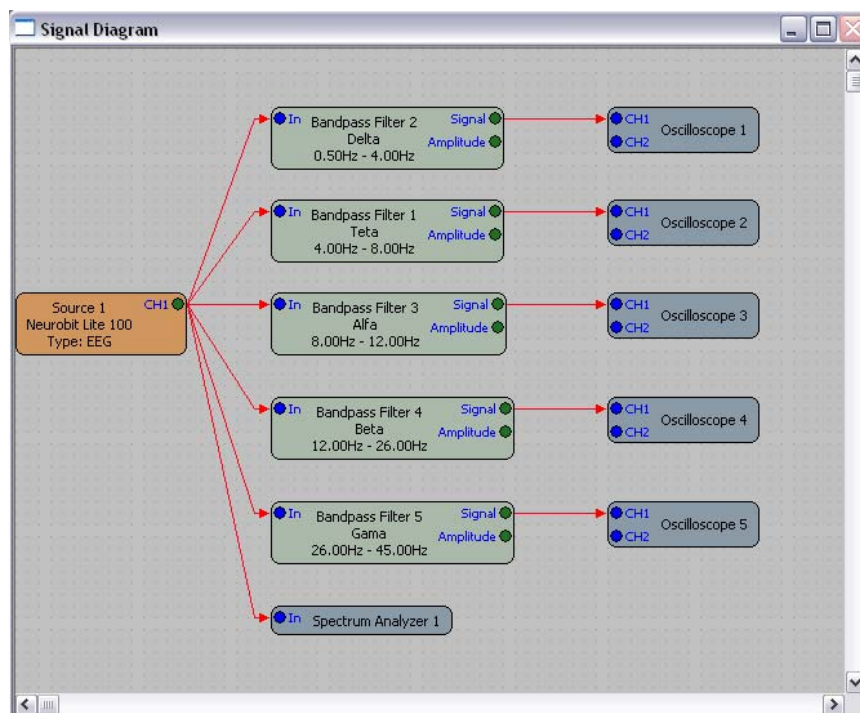


Figura 53: Diagrama de Blocos do BioExplorer

¹⁶ Sinal RAW: é o sinal captado pelo EEG cujo processamento sofrido foi mínimo ou nulo. Considerando o EEG usado, o sinal já é parcialmente processado relativamente à atenuação e eliminação de artefactos.

Neste diagrama, foi usado um bloco representativo da fonte do sinal, o próprio EEG, um conjunto de cinco filtros passa-banda cuja função é filtrar o sinal RAW para a banda de frequências pretendida, mais especificamente de 0.5Hz a 4Hz para a banda Delta, de 4Hz a 8Hz para a banda Teta, de 8Hz a 12Hz para a Alfa, de 12Hz a 26Hz para a Beta e finalmente de 26Hz a 45Hz para a banda Gama. O analisador espectral transforma o sinal capturado de forma a ser observável no domínio das frequências, o que permite detectar qual é a gama de ondas cerebrais com maior actividade num dado instante. Por último os osciloscópios são meros interfaces que apresentam o sinal captado após a devida filtragem.

Observando agora com mais atenção as propriedades dos filtros usados, é possível usar filtros pré-definidos ou criar um filtro de raiz atendendo aos seus parâmetros e respostas impulsionais.

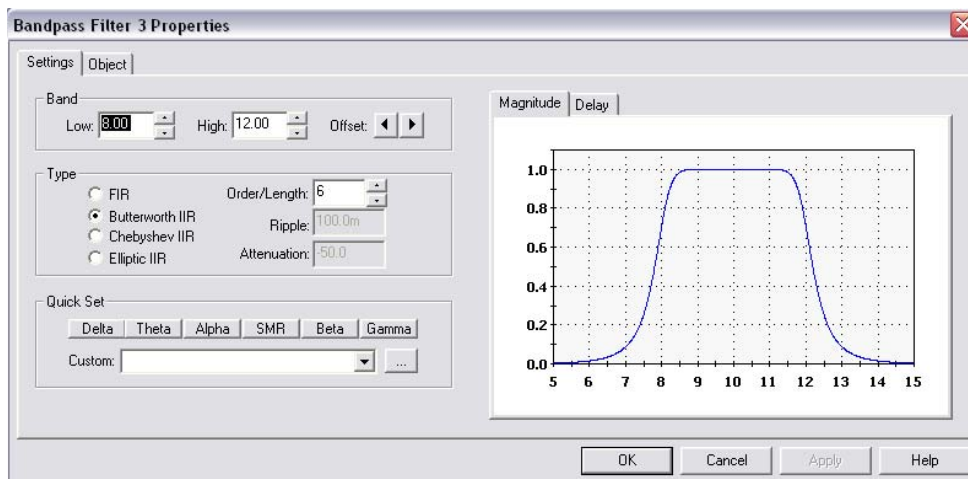


Figura 54: Propriedades de um Filtro do BioExplorer

Estão disponíveis quatro tipos distintos de filtros, em três dos quais a resposta impulsional é infinita. A gama de frequências permite definir se o filtro é do tipo passa-baixo, passa-alto ou passa-banda, e no último caso definir a largura da banda de passagem. Finalmente é ainda possível visualizar o atraso do filtro criado, e em determinados casos a sua atenuação. Ao longo deste trabalho o tipo de filtro utilizado foi um filtro passa-banda, cujos limites inferiores e superiores da banda são definidos de acordo com a onda cerebral a filtrar e cujos valores foram apresentados acima. O filtro é do tipo *Butterworth IIR* e é de ordem 6, como apresentado na Figura 54.

Para além das funcionalidades atrás referidas, é ainda possível visualizar o sinal captado no domínio das frequências, usando um bloco Analisador de Espectro, como representado seguidamente na Figura 55:

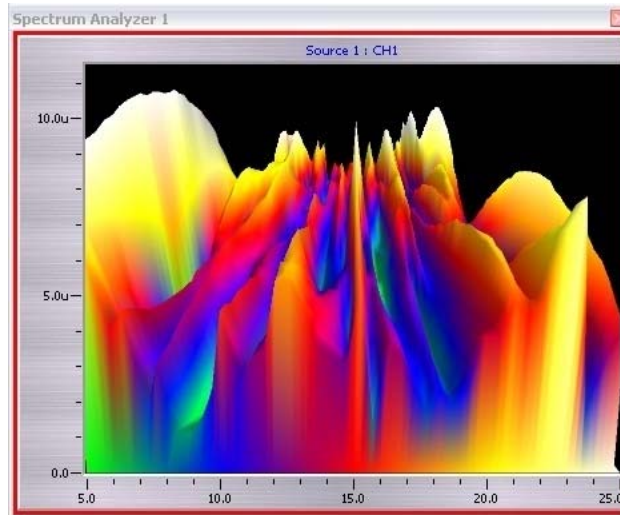


Figura 55: Análise Espectral através do BioExplorer

Da análise espectral acima representada podem-se retirar várias informações relativas à ocorrência de actividade cerebral mais intensa numa dada banda de frequências num instante bem definido. Neste caso, a banda Delta indica que ocorreu um aumento da amplitude das ondas cerebrais, enquanto que a amplitude das ondas cerebrais na banda Teta (4Hz a 8Hz) foi menos intensa.

Este software permite ainda exportar os dados biométricos captados para um ficheiro de texto de forma a ser realizado um processamento mais completo e exaustivo. Este processo permite seleccionar o tipo de dados a exportar, como o tempo da ocorrência, o valor médio, máximo e mínimo, definir o período de amostragem e o carácter delimitador para interpretação futura desse mesmo ficheiro. Mais especificamente, a exportação do ficheiro *.txt foi realizada com um período de amostragem de 2,5 segundos, com o envio dos dados biométricos relativos à amplitude mínima, máxima e média das ondas Delta, Teta, Alfa, Beta e Gama com os respectivos instantes de ocorrência.

5.2.3.2 Office Medic

O *Office Medic*, em parte semelhante ao funcionamento do *BioExplore*, é uma ferramenta que permite a gravação e visualização em tempo-real do ritmo cardíaco e da saturação de oxigénio no sangue, a uma frequência de uma amostragem de $\frac{1}{5 \text{ segundos}}$.

Através de uma base de dados automaticamente gerida pelo software, é possível definir sujeitos e associar-lhes uma ou mais sessões de gravação realizadas em momentos distintos.

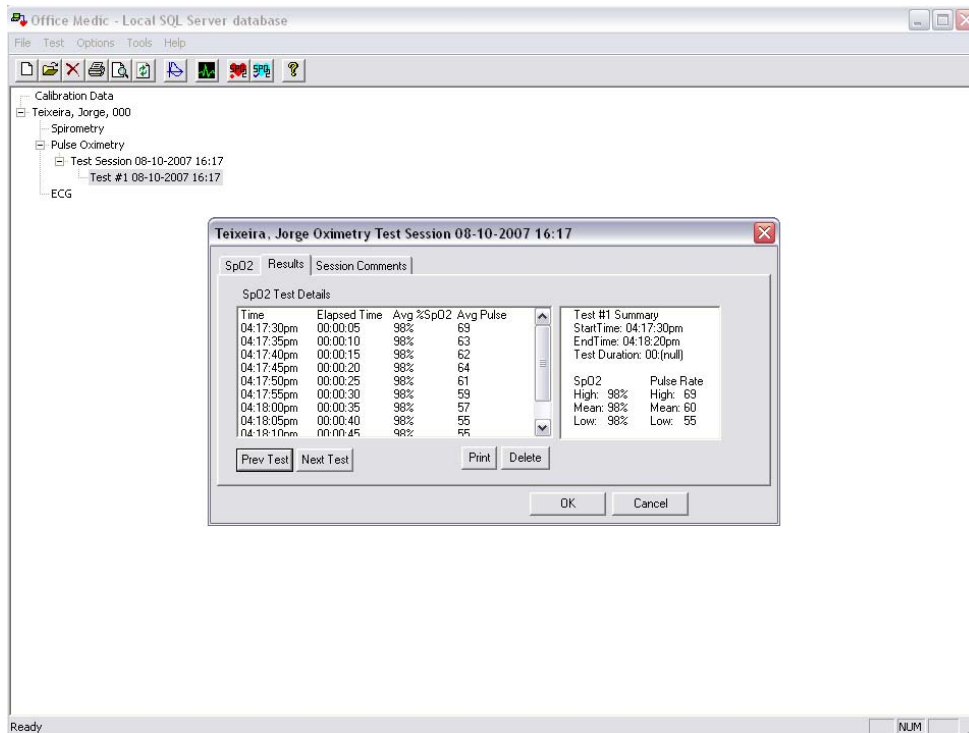


Figura 56: Sessão Teste no Oxímetro

Através da Figura 56 acima representada é possível observar-se a existência de um sujeito na base de dados do software, ao qual está associada uma sessão de captura de dados através do oxímetro. Durante a captura de dados é apresentado o valor instantâneo dos sinais biométricos atrás referidos, e ainda a intensidade do sinal e o nível de perfusão, como representado na Figura 57 durante uma sessão teste.

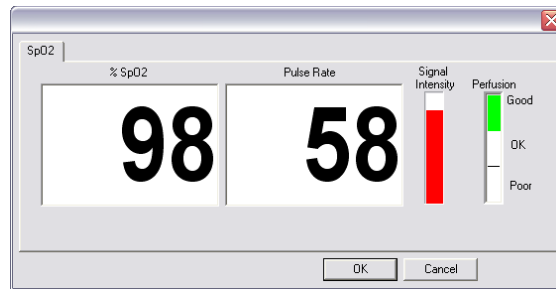


Figura 57: Captação de Dados pelo Oxímetro

Estes parâmetros são extremamente úteis para determinar o estado do sensor e a sua correcta colocação. Um elevado valor de perfusão indica que a translucidez da ponta do dedo indicador onde está a ser aplicado o sensor é boa permitindo assim a correcta medição da saturação de oxigénio no sangue nesse instante. A intensidade do sinal permite, de forma complementar, garantir as condições óptimas de funcionamento deste dispositivo biométrico.

Relativamente ao armazenamento dos dados captados, e dadas as limitações de capacidade de exportação de dados por parte do software, esta tarefa resultou num ficheiro de dados em formato *.pdf, que necessitou de seguida de uma conversão manual desse mesmo formato num ficheiro de texto do tipo *.txt.

Não obstante esta desvantagem, a utilização deste software permite garantir a qualidade óptima na captação dos sinais biométricos, a monitorização em tempo real e ainda a criação de uma base de dados com a informação relativa a cada sessão experimental. É importante referir que de forma a garantir a confidencialidade dos sujeitos teste envolvidos nas sessões experimentais, nenhum tipo de informação pessoal sobre os mesmos é ou será divulgada.

5.3 Conclusões

No capítulo que anteriormente apresentado visou essencialmente dar a conhecer ao leitor os vários processos de análise de dados. Relativamente às metodologias, foram apresentadas a decimação e as médias ponderadas, a remoção de picos, a análise por degraus e a análise estatística. Com base nestas metodologias foram apresentadas as ferramentas de apoio utilizadas neste trabalho e que integram os métodos de análise de dados descritos.

6 Resultados

Ao longo de todo o trabalho desenvolvido e apresentado deste documento, os resultados obtidos a partir da aplicação das metodologias de investigação e métodos de análise e processamento dos dados biométricos permitiram atingir os objectivos inicialmente propostos.

6.1 Resultados experimentais

No presente subcapítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir das sessões experimentais executadas, sem recurso à da aplicação EAT, dado que o seu desenvolvimento ocorreu numa fase posterior do projecto. Para além da apresentação dos resultados mais pertinentes, serão levantadas hipóteses que posteriormente serão testadas.

A elaboração de um conjunto de conteúdos capazes de induzir eficientemente e de forma controlada o sujeito no que respeita ao seu estado emocional foi um dos passos mais importantes para o início das sessões experimentais cujo processo de selecção foi apresentado no subcapítulo 4.3.3. Esta selecção teve como base a categorização desses conteúdos em três fases distintas, associadas à tristeza, à alegria e ao estado emocional neutro (consultar Anexo D e Anexo E). A categorização baseou-se nos valores atribuídos através das classificações obtidas no estudo de Lang (Lang & Bradley, 2005) e o espaço afectivo – tema abordado no subcapítulo 4.2.2, permitiu uma apresentação gráfica dessa mesma classificação.

Tendo em conta a classificação atribuída às imagens apresentadas aos sujeitos durante as sessões experimentais, a sua distribuição no espaço afectivo é apresentada de seguida na Figura 58.

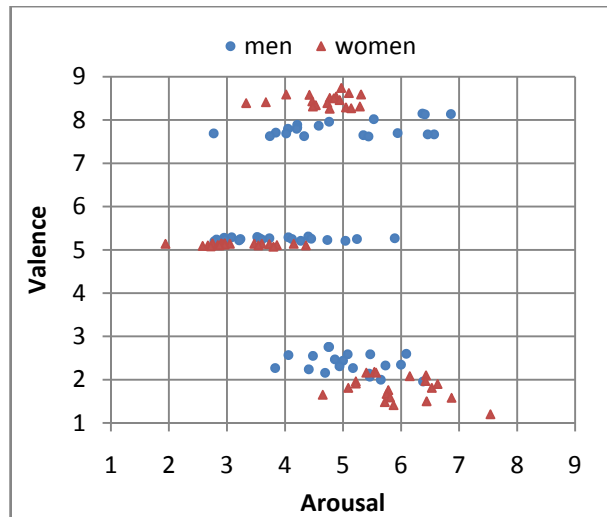


Figura 58: Espaço Afectivo relativo às Imagens usadas nas Sessões Experimentais

Pela observação da Figura 58, é clara a existência de três zonas distintas, cada uma associada a um estado emocional. O conjunto de pontos cujo valor de afectividade (*valence*) é baixo, inferior a três unidades, corresponde às vinte imagens que integram o conjunto de imagens a apresentar aos sujeitos durante as sessões experimentais e que os induzem num estado emocional de tristeza. Já os pontos com elevado valor de afectividade (valores superiores a sete unidades) são atribuídos às imagens que integram o mesmo conjunto de conteúdos, mas desta vez induzem o sujeito num estado emocional de alegria. Os pontos cujo valor da afectividade se situa próximo das cinco unidades correspondem às vinte imagens que irão induzir o sujeito num estado emocional neutro. Desta forma os três conjuntos de vinte imagens perfazem as sessenta imagens que caracterizam todo o conteúdo multimédia que será apresentado ao sujeito.

Relativamente ao excitação, e como já foi referido no subcapítulo 4.3.3, este valor não deverá ser elevado para nenhuma das imagens, de modo a evitar a junção de outros estados emocionais para além da alegria e tristeza. Na Figura 58, os valores de excitação apresentados situam-se maioritariamente em pontos inferiores a sete unidades, atendendo assim a esse requisito.

A utilização de três dispositivos biométricos em funcionamento paralelo (consultar subcapítulos 2.4 e 3) resulta na obtenção de três ficheiros de dados biométricos, cada qual associado ao respectivo dispositivo. Nesse sentido, serão abordados de seguida os resultados obtidos em cada um dos dispositivos biométricos, e no capítulo 6 serão apresentadas as conclusões obtidas.

A captação dos dados biométricos provenientes do EEG traduz-se na recolha de informações relativas à actividade cerebral eléctrica, que através da aplicação de filtros adequados é apresentada sob a forma de cinco ondas distintas. A interpretação visual das ondas cerebrais de baixa frequência, nomeadamente as ondas Delta, Teta e Alfa são de extrema complexidade visto que a sua variação em amplitude é muito grande quando comparada com a variação das ondas de alta frequência, como as ondas Beta e Gama.

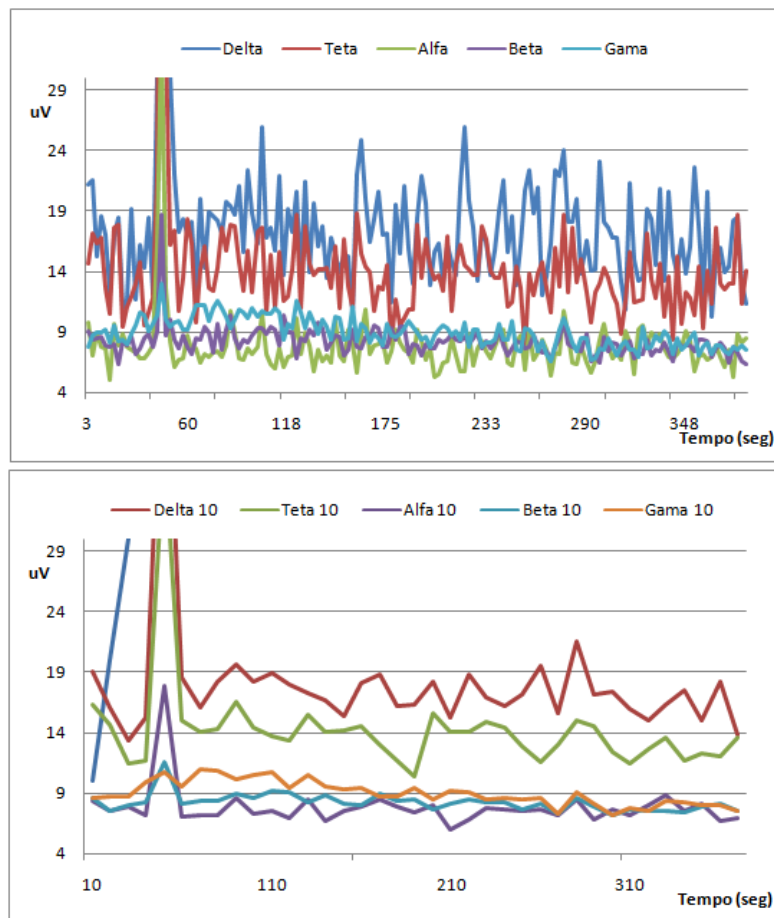


Figura 59: Altas Frequências no EEG

Na Figura 59 são apresentados os dados biométricos recolhidos durante a sessão experimental número vinte e oito sem qualquer tratamento (gráfico superior) e com a aplicação da técnica das médias ponderadas em intervalos de 10 segundos (gráfico inferior). Da observação atenta destes mesmos gráficos nota-se um comportamento completamente irregular e com ausência de padrões nas ondas de mais baixa frequência, e tal comportamento é semelhante ao que foi registado ao longo das restantes sessões experimentais. Tal facto levou a considerar apenas as ondas cerebrais

de altas frequências para o desenvolvimento do estudo das emoções humanas (Teixeira & Vinhas, 2007).

Partindo das técnicas e metodologias de análise de dados discutidas anteriormente (subcapítulo 5.1) os resultados dos dados biométricos relativos ao EEG foram estudados com base na utilização da decimação e das médias ponderadas. Esta metodologia teve como objectivo suavizar as variações bruscas da amplitude da actividade cerebral eléctrica para que uma análise visual permitisse obter padrões de comportamento semelhantes entre as várias sessões experimentais realizadas.

As médias ponderadas foram realizadas com base em intervalos de tempo de cinco segundos e vinte segundos. Na Figura 60 é apresentado o gráfico da actividade cerebral eléctrica do sujeito vinte e cinco para as ondas Beta e Gama, sem qualquer tipo de análise de dados.

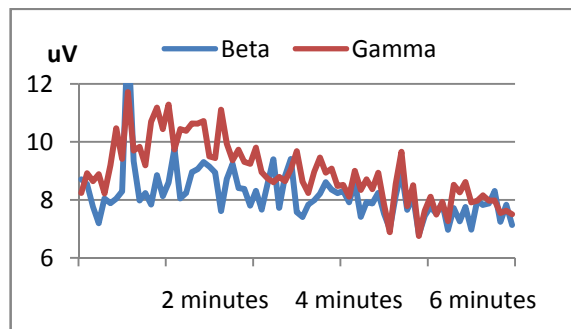


Figura 60: Resultados do EEG sem Decimação

A Figura 61, seguidamente apresentada demonstra as potencialidades desta ferramenta, evidenciando um comportamento que, para esta sessão experimental, demonstra um decréscimo da amplitude de ambas as ondas cerebrais ao longo dos seis minutos de duração da sessão experimental.

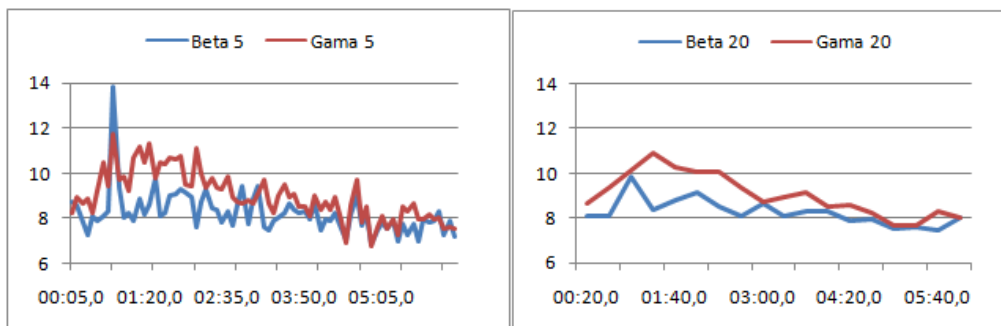


Figura 61: Aplicação da Decimação com Intervalos de 5 e 20 seg

A análise visual dos gráficos acima representados, com base na decimação e nas médias ponderadas, permitiu desenvolver um comportamento padrão para as ondas cerebrais de alta frequência. Este comportamento padrão, representado na Figura 62 servirá como hipótese de teste para todas as outras sessões experimentais.

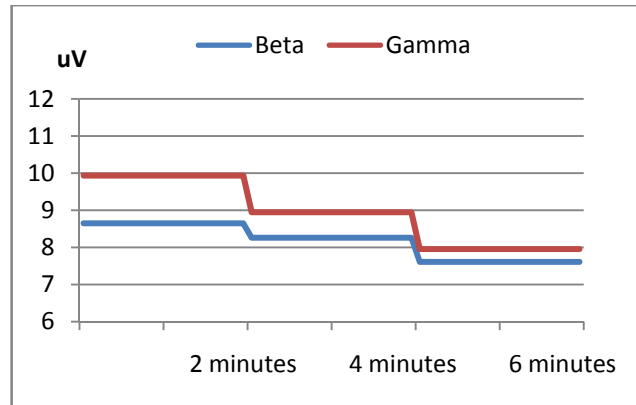


Figura 62: Comportamento Padrão para as Ondas Cerebrais de Alta Frequência

Na Figura 62 observa-se um comportamento que, face ao cálculo das amplitudes médias em cada uma das três fases das sessões experimentais (a tristeza, a alegria e o estado neutro), é tendencialmente decrescente, desde o início da sessão experimental, onde os valores mais elevados para a amplitude das ondas cerebrais ocorrem aquando da indução do estado emocional de alegria, até ao final da sessão experimental onde os valores mais baixos da amplitude da actividade eléctrica ocorrem na fase de indução emocional associada à tristeza.

Após o desenvolvimento do teste que visa validar a hipótese do comportamento das ondas cerebrais de alta frequência face à indução emocional controlada, foi efectuado um estudo que visou comparar o efeito da indução emocional nos sujeitos de sexo masculino e feminino. A Figura 63 representa as diferenças das amplitudes médias em ambos os sujeitos de sexo masculino e feminino.

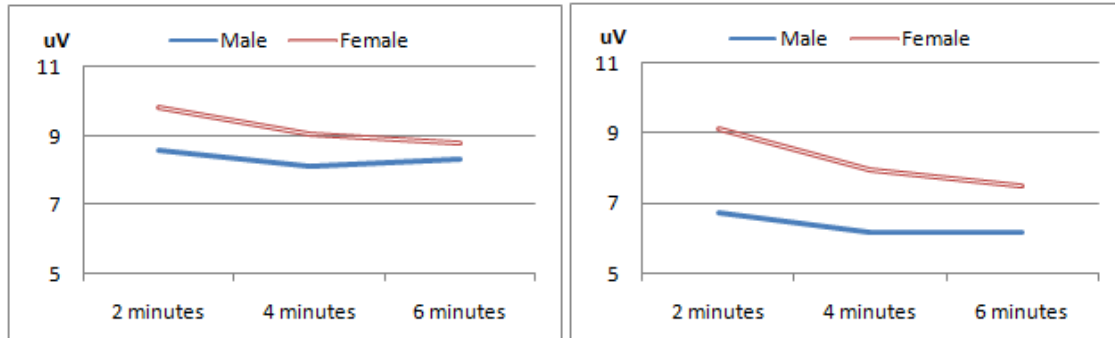


Figura 63: Efeitos da Indução Emocional nos Homens e nas Mulheres

A Figura 63 é composta por dois gráficos, sendo que o gráfico da esquerda representa a variação da amplitude da onda Beta e o da direita da onda Gama, e cada uma das rectas apresentadas é calculada com base na média de todas as sessões experimentais para o sujeito (masculino ou feminino) em estudo e ainda a respectiva fase da sessão experimental. Através da sua observação denota-se uma variação decrescente da amplitude média ao longo das três fases da sessão experimental, de acordo com o comportamento padrão a comprovar. Relativamente às diferenças de amplitude entre os homens e as mulheres, é visível o valor superior da amplitude média em ambas as ondas cerebrais ao longo de toda a sessão experimental para sujeitos do sexo feminino, e um valor inferior da amplitude média para o sujeito masculino.

O oxímetro é o segundo dos dispositivos biométricos integrados neste trabalho e a sua função específica neste trabalho é medir a frequência cardíaca de forma a serem analisadas possíveis oscilações como consequência da indução emocional a que o sujeito foi submetido. Da análise das diversas sessões experimentais não foi possível obter-se qualquer padrão de comportamento da variação do batimento cardíaco, em parte pela reduzida amplitude das oscilações, da ordem dos três batimentos por minuto. Desta forma, optou-se por calcular a média do valor da frequência cardíaca em cada uma das três fases da sessão experimental, no sentido de identificar um padrão de variação dessa mesma frequência cardíaca ao longo dos seis minutos da sessão.

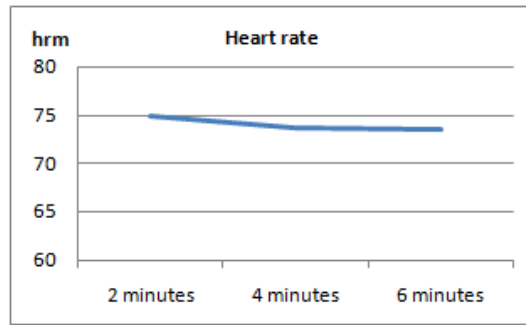


Figura 64: Frequência Cardíaca Média

A Figura 64 acima representada expressa a variação da frequência cardíaca obtida, não relevando nenhum comportamento padrão. É importante salientar que também a variação da frequência cardíaca média foi muito baixa, aproximadamente dois batimentos por minuto, o que torna a interpretação dos resultados mais complexa.

O GSR é um dispositivo biométrico que tem por objectivo medir a resistência da pele, e foi introduzido neste estudo após a verificação de que os comportamentos obtidos pelo oxímetro não estavam a cumprir os objectivos inicialmente propostos. O número de sessões experimentais nas quais o GSR foi integrado limitou-se a sete, mas apesar deste facto, os comportamentos e padrões obtidos corresponderam às expectativas iniciais, e foi possível delinear um comportamento-tipo associado às respostas fisiológicas do sujeito após a indução emocional pré-estabelecida.

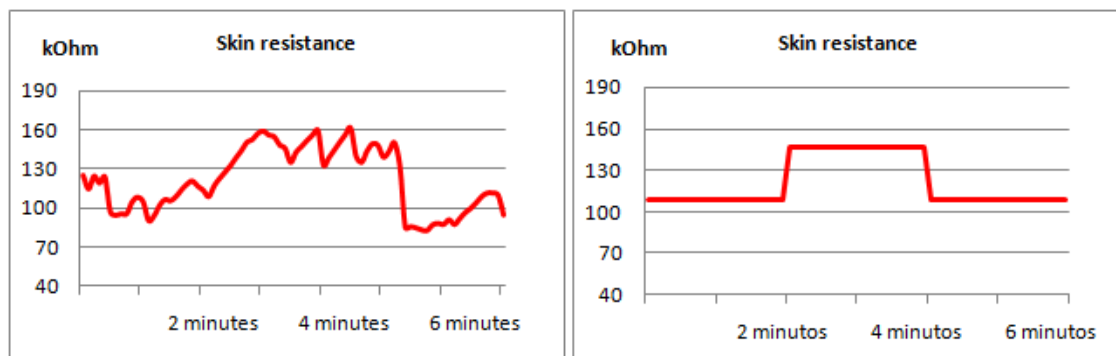


Figura 65: Comportamento Esperado do GSR

Na Figura 65, o gráfico esquerdo apresenta os resultados obtidos para a sessão experimental vinte e cinco, e o gráfico da direita o mesmo exemplo mas dividido nas três fases da sessão experimental. Observou-se que, na generalidade, o comportamento obtido pelo GSR é semelhante ao apresentado na Figura 65. O estado emocional neutro

implica uma carga emocional menos intensa, logo o sujeito está menos nervoso pelo que a produção de suor é menor, obtendo-se um valor superior para a resistência da pele. No que respeita às fases de alegria e tristeza, a carga emocional aumenta, o que implica um aumento da produção de suor resultando assim num valor inferior para a resistência da pele. Analisando a Figura 66 apresentada de seguida, cada uma das rectas coloridas está associada a uma sessão experimental.

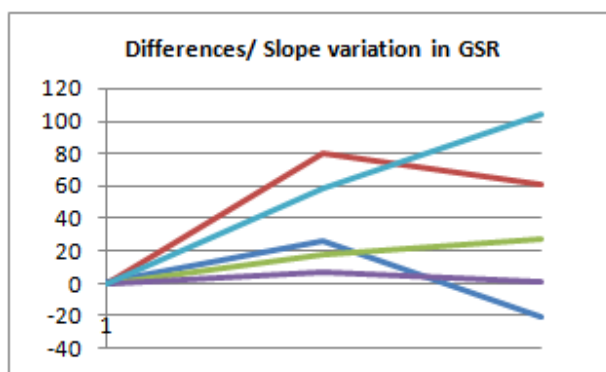


Figura 66: Variação da Resistência da Pele ao Longo das 3 Fases

O ponto de partida das rectas representa o valor inicial da resistência da pele do sujeito, o ponto intermédio caracteriza o valor da resistência da pele durante a fase neutra e o último associa-se ao valor da resistência aquando da fase de tristeza. Assim sendo, um declive positivo entre o primeiro e o segundo ponto indica um aumento da resistência da pele, que está de acordo com o previsto. A passagem do estado neutro para o estado de tristeza deverá ser acompanhada por uma descida do valor da resistência da pele, logo um declive negativo na recta. A partir dos dados apresentados na Figura 66, constata-se que os dados obtidos a partir do GSR foram de acordo com os resultados previstos.

6.2 Resultados das ferramentas desenvolvidas

Os resultados obtidos a partir da utilização da EAT irão comprovar a fiabilidade e desempenho da ferramenta desenvolvida, criando para tal um termo de comparação entre os resultados obtidos na sessão de questões colocadas aos sujeitos imediatamente após a sessão experimental respectiva com os obtidos usando a EAT.

O desempenho obtido através da aplicação dessa mesma ferramenta relaciona-se directamente com a taxa de sucesso da classificação emocional e é um factor determinante para a verificação e aceitação desta ferramenta para trabalhos futuros. Nesse sentido foi desenvolvido um teste exaustivo para verificar e comparar as informações fornecidas pelo sujeito no final da sessão experimental e os resultados obtidos após a classificação emocional a partir da EAT para todas as sessões experimentais. Aquando do final da sessão experimental tornou-se bastante importante obter informações e sugestões do sujeito relativamente a toda a sessão experimental, pelo que se apresentaram um conjunto de questões associadas ao preenchimento de uma ficha descritiva da sessão experimental, apresentada nos Anexos. As respostas obtidas por cada sujeito e algumas descrições adicionais e pertinentes para a sessão em causa são apresentadas no Anexo G.

A comparação das respostas dadas pelo sujeito face aos resultados obtidos pela EAT é apresentada na Tabela 6.

Experiência	Afirmado pelo sujeito	EAT
1		Sem dados
2		Sem dados
3		Sem dados
4		Sem dados
5		Sem dados
6		Sem dados
7	Triste	Triste
8	Triste	Triste
9	Triste	Triste
10	Alegre	Inconclusivo
11	Alegre	Triste
12	Alegre	Alegre
13	Triste	Triste
14	Triste	Inconclusivo
15	Indiferente	Triste
16	Triste	Triste
17	Alegre	Alegre
18	Triste	Triste
19	Triste	Inconclusivo
20	Triste	Triste
21	Triste	Inconclusivo
22	Triste	Triste

23	Triste	Triste
24	Triste	Triste
25	Triste	Inconclusivo
26	Alegre	Triste
27	Triste	Triste
28	Triste	Triste

Tabela 6: Taxa de Sucesso da EAT

Na Tabela 6 acima apresentada estão identificadas três situações distintas, representadas através das colorações verde, amarela e vermelha. A coloração amarela está atribuída a sessões descartadas a partir da aplicação da política de descarte apresentada e desenvolvida no subcapítulo 4.5, pelo que os seus resultados não foram considerados para o cálculo da taxa de sucesso. No entanto é importante referir que a sessão experimental número oito, apesar de ter sido descartada devido a uma incidência de interferências, a EAT foi ainda assim capaz de analisar os dados e determinar correctamente o estado emocional predominante do sujeito, tristeza. Relativamente às sessões experimentais marcadas com a cor vermelha, estas representam os insucessos, indicam as sessões experimentais a partir das quais a ferramenta EAT não foi capaz de obter um resultado coerente com as observações e afirmações do sujeito dessa mesma sessão. Por fim, e relativamente às sessões experimentais com a coloração verde, estas representam as classificações emocionais bem sucedidas por parte da EAT.

Dos resultados apresentados na Tabela 6, é importante esclarecer e justificar os principais motivos associados ao insucesso na classificação emocional. Da amostra analisada, existem cinco casos de insucesso, dos quais três têm uma origem semelhante. As sessões experimentais 14, 19 e 25 indicam que a determinação do estado emocional falhou e apresentou sempre um resultado inconclusivo, ao contrário de tristeza, o estado emocional predominante no sujeito. Como foi apresentado no subcapítulo 5.1.4, a decisão final determinada pela EAT relativa ao estado emocional do sujeito é realizada com base num teste comparativo entre o estado emocional determinado para a onda Beta e o determinado para a onda Gama. Assim sendo, o resultado final obtido pela EAT não indica uma incapacidade total de determinar o estado emocional, mas sim parcial, dado que o resultado a partir de uma das ondas cerebrais analisadas culminou na decisão correcta face às afirmações do sujeito, apesar de o resultado obtido a partir da outra onda cerebral ter sido o oposto.

Experiência	Estado Emocional	Determinado pela onda Beta	Determinado pela onda Gama
14	Tristeza	Alegria	Tristeza
19	Tristeza	Alegria	Tristeza
25	Tristeza	Tristeza	Alegria

Tabela 7: Casos de Insucesso

Mais especificamente, e a partir da consulta da Tabela 7, conclui-se que nos dois primeiros casos a onda Gama foi interpretada de forma correcta e no último caso foi a partir da onda Beta que a EAT fez a decisão mais próxima da real. A não coerência no tipo de erros observados leva a concluir que, apesar de não ser a única justificação para as falhas na decisão final da EAT, a utilização de um EEG com mais eléctrodos permitiria obter dados da actividade cerebral eléctrica mais globalizados e não restritos à área do eléctrodo activo, que por má colocação ou mesmo reflexões não previsíveis das ondas, levam a uma insuficiente captação dos dados biométricos.

Assim sendo, com base nos resultados bem sucedidos e dos insucessos, obteve-se uma taxa de sucesso de 78%. Um valor para o desempenho da EAT elevado como o que foi apresentado é um forte indicador do bom funcionamento da ferramenta. Apesar de tudo, este valor indica ainda, e esta talvez seja a conclusão mais importante a retirar dos resultados mal sucedidos, que serão necessárias melhorias e novos estudos para tornar esta taxa de sucesso ainda mais elevada.

6.3 Conclusões

A apresentação dos resultados, ambos os experimentais e os obtidos através da aplicação das ferramentas desenvolvidas, permitiram testar as hipóteses inicialmente propostas relativamente aos comportamentos padrão esperados. Após a criação de comportamentos padrão para cada o electroencefalograma e o oxímetro, o desenvolvimento das sessões experimentais permitiu validar a hipótese inicialmente proposta através da aplicação dos diversos métodos de análise de dados usados. A aplicação da ferramenta *EAT* aos dados previamente analisados permitiu provar a sua fiabilidade.

7 Conclusões

7.1 Síntese do trabalho desenvolvido

O principal objectivo proposto para este trabalho foi a classificação do estado emocional predominante do sujeito com base na análise e processamento de dados biométricos recolhidos através de três dispositivos biométricos em funcionamento paralelo. Este objectivo foi atingido e mais especificamente:

- Foram apresentadas e desenvolvidas estratégias de análise dos dados biométricos com vista na análise comportamental da actividade cerebral eléctrica;
- Foi apresentado um método de análise estatística que visou a ordenação, o agrupamento e a categorização dos dados biométricos;
- Foi desenvolvida uma ferramenta capaz de captar, monitorizar em tempo real e armazenar os dados biométricos provenientes do GRS num formato standard;
- Foi desenvolvida uma ferramenta capaz de interpretar a actividade cerebral eléctrica de um sujeito-teste durante uma sessão experimental de duração limitada, e apresentar o estado emocional predominante do sujeito;
- Foi apresentada uma proposta de interligação entre as ferramentas de apoio já existentes no mercado, as que foram desenvolvidas no âmbito deste trabalho e ainda ferramentas a serem desenvolvidas em trabalhos futuros.

7.2 Principais resultados e conclusões

A execução da fase experimental através da realização de vinte e oito sessões experimentais pré-definidas e estabelecidas relativamente a metodologias de captação dos dados biométricos e métodos de indução emocional resultou num vasto conjunto de dados provenientes de três dispositivos biométricos.

A partir do conjunto de imagens seleccionadas para as sessões experimentais e com base na sua representação no espaço afectivo, foi concluído que a melhor forma de analisar separadamente os estados emocionais de alegria e tristeza seria através da

selecção de imagens com valores baixos de excitação, valores esses que foram determinados para que o excitação interviesse o menos possível com a afectividade. Desta forma obtiveram-se três categorias de imagens distintas, cada uma associada a um estado emocional bem definido, a tristeza, a alegria e o estado neutro. Esta conclusão permitiu dissociar de forma clara sentimentos como alegria e excitação ou tristeza e medo/raiva.

A conseqüente aplicação dos métodos de indução emocional através das sessões experimentais desenvolvidas foi sucedida de uma análise dos dados biométricos brutos. A partir da análise dos dados obtidos pelo electroencefalograma conclui-se que as ondas cerebrais de baixa frequência, as ondas Delta, Teta e Alfa não apresentaram qualquer tipo de comportamento padrão com a variação do estado emocional do sujeito. Adicionalmente, a presença de uma actividade cerebral muito irregular e com oscilações das amplitudes das ondas muito superiores ao seu valor médio levou à conclusão que, a partir da análise realizada com o electroencefalograma, as ondas de baixa frequência não trazem qualquer informação útil relativa à transição de estados emocionais no sujeito pelo que as ondas de alta frequência são as que estão mais fortemente associadas às emoções humanas.

O desenvolvimento e a aplicação das várias metodologias abordadas ao longo do capítulo 5 foram cruciais para a interpretação dos dados biométricos capturados. Foram adoptados três dispositivos biométricos distintos, pelo que a análise dos dados incidiu em três estratégias. No que concerne aos dados referentes à actividade cerebral eléctrica, os dados captados pelo electroencefalograma, a aplicação da decimação e médias ponderadas com vista a suavizar os picos e alterações bruscas da amplitude destes mesmos sinais permitiu uma análise visual mais detalhada, análise esta que serviu de apoio à hipótese teste apresentada no subcapítulo 5.1.3. Partindo desse mesma hipótese, foram analisados os dados de todas as sessões experimentais no sentido de a comprovar. Essa hipótese indica que a variação média da amplitude, dividida pelas três fases da sessão experimental (a alegria, o estado neutro e a tristeza) é decrescente deste a fase de alegria, passando pelo estado neutro e finalizando no estado de tristeza. A validação desta hipótese através das sessões experimentais executadas ao longo deste trabalho levou à conclusão de que este comportamento é um comportamento característico das ondas de alta frequência da actividade cerebral eléctrica quando o sujeito é induzido emocionalmente através de conteúdos multimédia

que respeitem os padrões e valores de afectividade e excitação dos que foram testados neste trabalho.

Ainda relativamente aos dados biométricos associados à actividade cerebral eléctrica, foi concluído que os sujeitos do sexo feminino têm um comportamento emocional diferente dos sujeitos de sexo masculino. O conteúdo multimédia apresentado aos sujeitos é constituído por sessenta imagens, no entanto essas imagens estão adaptadas ao público-alvo a que vão ser expostas, isto é, dependendo se o sujeito teste é do sexo masculino ou feminino algumas das imagens apresentadas são distintas. É contudo importante salientar que esta distinção é caracterizada pelo facto de que a interpretação das imagens é feita de acordo com o sexo do sujeito, não obstante o valor da afectividade ser semelhante. Desta forma, e como resultado da análise aos dados biométricos obtidos a partir do electroencefalograma, a amplitude média das ondas de alta frequência, Beta e Gama, ao longo de toda a sessão experimental é superior para o caso dos sujeitos do sexo feminino, o que levou a concluir que o sexo feminino é emocionalmente mais activo que o masculino.

O batimento cardíaco, medido através do oxímetro, não relevou alterações significativas ao longo da sessão experimental. Esta conclusão não implica de modo algum a incorrecta utilização deste dispositivo ou a sua inadequação às medições pretendidas, mas sim um conteúdo multimédia que não foi suficientemente forte para se registarem alterações do batimento cardíaco. É também importante referir que, a partir dos dispositivos biométricos utilizados ao longo deste trabalho experimental, a adequação dos conteúdos multimédia de forma a serem registadas alterações significativas no batimento cardíaco causariam demasiadas interferências e variações bruscas da amplitude das ondas cerebrais dado que o electroencefalograma tem uma resolução muito limitada e é constituído apenas por um eléctrodo activo. Essas variações iriam tornar imperceptível o comportamento tipo determinado para a actividade cerebral eléctrica, tornando demasiadamente complexa a tarefa da classificação emocional com base nos dispositivos biométricos e técnicas de análise e processamento de dados desenvolvidas.

A interpretação dos dados relativos aos GSR foi concluída com a apresentação de um comportamento tipo que está directamente relacionado com a resistência média da pele do sujeito durante cada uma das três fases da sessão experimental. O teste deste comportamento tipo nas sessões experimentais nas quais o dispositivo biométrico já estava disponível culminou na verificação e validação desta conclusão. Assim sendo, a

resistência da pele tem tendência a diminuir quando o sujeito é confrontado com conteúdos multimédia emocionalmente tristes ou alegres, e o seu valor aumenta quando os conteúdos multimédia são neutros.

As conclusões anteriormente apresentadas, juntamente com o desenvolvimento de algoritmos de decisão baseados em análises estatísticas, temas abordados no subcapítulo 5.2.1, conduziram ao desenvolvimento da ferramenta EAT – *Emotions Assessment Tool*, que permite a identificação e classificação do estado emocional predominante do sujeito ao longo da sessão experimental. A aplicação desta ferramenta e respectivo uso dos dados biométricos captados ao longo da fase experimental deste projecto levaram a concluir e provar a eficiência desta ferramenta, com uma taxa de sucesso de aproximadamente 80% face à totalidade das vinte e oito sessões executadas. Apesar de ser necessário um grande esforço para elevar a taxa de sucesso a valores próximos da 100%, é sem dúvida uma ferramenta promissora e que com estudos e desenvolvimentos futuros poderá superar os actuais valores de sucesso.

7.3 Trabalho futuro

As perspectivas futuras que poderão resultar dos estudos e desenvolvimentos apresentados ao longo deste trabalho têm duas vertentes que apesar de não serem coincidentes, completam-se.

Uma das vertentes relaciona-se directamente com o *hardware*. Uma melhoria do *hardware* utilizado neste trabalho seria um dos pontos-chave para a obtenção de resultados mais precisos e para o desenvolvimento de técnicas mais sofisticadas de análise dos dados biométricos. No entanto, a aquisição de novos equipamentos acarreta um aumento dos custos num ambiente cujo orçamento é naturalmente controlado, pelo que este passo deve ser tomado com as devidas precauções.

A aquisição de novos equipamentos biométricos, paralelamente à aquisição de outros mais sofisticados traduz-se numa melhoria significativa dos dados biométricos recolhidos, tanto a nível da resolução temporal obtida bem como uma filtragem de ruídos e interferências de qualidade superior. A partir da recolha de dados de novos dispositivos biométricos ou dispositivos mais sofisticados será possível o desenvolvimento de novas técnicas de análise e processamento dos dados, a partir das quais se permitirá determinar novos comportamentos padrão para as ondas cerebrais.

A determinação de novos padrões cerebrais poderá permitir por um lado uma classificação mais precisa dos estados emocionais do sujeito, e por outro a introdução de outros estados emocionais como o medo e a raiva na análise dos padrões das ondas cerebrais e dos dados biométricos na generalidade.

A indução emocional é dos critérios mais influenciadores no comportamento emocional do sujeito e nas respectivas respostas fornecidas a nível biológico, de tal forma que o melhoramento do conteúdo multimédia é uma das considerações a ter em conta para possíveis desenvolvimentos futuros a partir deste trabalho.

Tirando partido de parte do insucesso de algumas sessões experimentais, nomeadamente no que respeita aos movimentos corporais, poderá ser integrado um sistema que, através de sensores detecte os referidos movimentos determinando assim de uma forma automática se a sessão experimental deve ou não ser descartada.

Com base em dispositivos biométricos novos e mais sofisticados, com uma melhoria do catálogo multimédia e com o aumento do espectro de estados emocionais a determinar, estes são alguns dos melhoramentos que permitem o desenvolvimento de uma ferramenta de classificação automática do estado emocional predominante mais eficiente e de melhor qualidade.

Como conclusão, é importante referir que este trabalho está integrado num projecto de maior âmbito, o Doutoramento de Vasco Vinhas (Vinhas V. , 2008), ainda em fase de desenvolvimento. A nível de perspectivas futuras mais concretas, a ferramenta EAT poderá ser desenvolvida no sentido de analisar de forma *online* e em tempo real o estado emocional do sujeito durante um intervalo de tempo no sentido de determinar o próximo conteúdo ou conjunto de conteúdos multimédia a apresentar ao sujeito, criando assim uma interactividade e um *feedback* entre o sujeito e o computador.

7.4 Divulgação científica

A investigação científica num meio universitário é muito recompensadora quando parte do trabalho desenvolvido é reconhecido pela comunidade investigacional. Tal reconhecimento é em parte obtido através da divulgação científica, um elo essencial entre a investigação e a comunidade científica e que funciona como um motor de arranque para que possíveis desenvolvimentos futuros possam vir a ser iniciados.

No âmbito deste trabalho, tal marco foi em parte atingido através da participação em eventos que integram diversas áreas da investigação na Universidade do Porto e da divulgação e aceitação de dois artigos científicos.

O primeiro encontro de Investigadores Jovens da Universidade do Porto (IJUP 08, 2008) foi um evento de cariz científico realizado em Fevereiro de 2008 na cidade do Porto com o objectivo de divulgar trabalhos e investigações científicos desenvolvidos por alunos dessa mesma universidade, apelando e incentivando à discussão interdisciplinar entre as diferentes vertentes da investigação que são desenvolvidas na Universidade do Porto. O tema apresentado intitulou-se “*Automatic Emotion Assessment through Biometric Data*” e foi divulgado através de uma apresentação pública. Esta apresentação visou uma abordagem generalista do tema desenvolvido ao longo deste trabalho, dando no entanto especial ênfase à ferramenta EAT desenvolvida.

A partir dos resultados obtidos pelas sessões experimentais desenvolvidas, resultados estes apresentados no subcapítulo 6.1, foram elaboradas duas conclusões importantes. A junção destas conclusões com um especial enfoque no estado de arte culminaram na divulgação de um artigo científico na ICINCO – *5th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics* (ICINCO, 2007) cujo título é *Multichannel Emotion Assessment Framework: Positive and Negative Emotional Dichotomy* (Teixeira & Vinhas, 2007). Esta conferência, a realizar-se de 11 a 15 de Maio de 2008 no Funchal / Madeira, onde será apresentado o artigo científico, é composta por três áreas distintas. A área na qual foi integrado o artigo científico, que será indexado, é denominada *Intelligent Control Systems and Optimization*.

A ICEIS, *International Conference on Enterprise Information Systems*, irá focar a ciência cognitiva e a mente humana na sua décima edição, a realizar-se em Barcelona / Espanha de 12 a 13 de Junho de 2008. A divulgação dos resultados experimentais

obtidos, as estratégias usadas e as metodologias implementadas foram o tema de um artigo científico aceite e a ser apresentado aquando da realização desta mesma conferência. (Teixeira & Vinhas, 2008)

Dada a importância da ferramenta de classificação automática do estado emocional em todo este projecto, foi elaborado e aprovado um outro artigo científico, para a conferência KES IIMSS 08 – *1st International Symposium on Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services*, uma conferência a realizar-se em Atenas / Grécia em Julho de 2008. (Teixeira & Vinhas, 2008)

Referências Bibliográficas

Aftanas, L. I., & ET AL. (2004). Analysis of Evoked EEG Synchronization and Desynchronization in Conditions of Emotional Activation in Humans: Temporal and Topographic Characteristics. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 34.

Aftanas, L. I., & ET AL. (2006). Neurophysiological Correlates of Induced Discrete Emotions in Humans: An Individually Oriented Analysis. *Neuroscience and Behavioral Physiology*.

Aftanas, L. I., & ET AL. (2002). Time-dependent cortical asymmetries induced by emotional arousal: EEG analysis of event-related synchronization and desynchronization on individually defined frequency bands. *International Journal of Psychophysiology*, (pp. 67-82, N 44).

Aldenderfer, M. S., & Blashfield, R. K. (1984). *Cluster Analysis*. SAGE.

Allen, J. B., & Kline, J. P. (2004). Frontal EEG asymmetry, emotion, and psychopathology: the first, and the next 25 years. *Biological Psychology*, (pp. 1-5, Vol 67).

Barteneva, D. A. (2006). *Computational Mind Models for Emotional Behavioral Multi-Agent Systems*. Porto: FEUP - LIACC.

Biosignal Analysis and Medical Imaging Group. (2004). Obtido em Janeiro de 2008, de <http://bsamig.uku.fi/research/gsr.shtml>

Bronzino, J. D. (1995). Principles of Electroencephalography. In *The Biomedical Engineering Handbook*.

Cacioppo, J. T. (2004). Feelings and emotions: roles for electrophysiological markers. *Biological Psychology*, (pp. 235-243, Vol 67).

Chanel, G., & ET AL. (2005). *Emotion Assessment: Arousal Evaluation using EEG's and Peripheral Physiological Signals*. University of Geneva, Switzerland: Computer Science Department.

Computer Tomography Scan. (Março de 2007). Obtido em Setembro de 2007, de <http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=bodyct&bhcp=1>

Cornelius, R. R. (2000). Theoretical approaches to emotion. *ISCA workshop on Speech and Emotion*. Belfast.

Damásio, A. R. (1994). *Descartes error: Emotion, reason and human brain*. Europa-América.

Damásio, A. R. (1998). *Emotions and the Human Brain*. Iowa, USA: Department of Neurology.

Ebrahimi, T., & ET AL. (2003). Brain Computer Interface in Multimedia Communication. *IEEE Signal Processing Magazine*.

Electrodermal Activity Meter. (2006). Obtido em Janeiro de 2008, de http://instruct1.cit.cornell.edu/courses/ee476/FinalProjects/s2006/hmm32_pjw32/index.html

Fehmi, F., & Sundor, A. (1989). The effects of electrode placement upon EEG biofeedback training: the monopolar-bipolar controversy. *International Journal of Psychosomatics*, (pp. 23-33, Vol 36).

Fortin, M.-F. (2003). *O processo de investigação: da concepção à realização*. Montreal: Lusociência.

Fuller, G. D. (1977). *Biofeedback: Methods and Procedures in clinical practice*. Biofeedback Press.

Goff, W. R., & ET AL. (1974). Human average evoked potentials: procedures for stimulating and recording. *Bioelectric Recording Techniques*, (pp. 101-156).

Gomes, A. (2007). *Recolha e Armazenamento de Dados de Equipamentos Biométricos*. Porto: FEUP.

Herbelin, B., & ET AL. (2004). Using physiological measures for emotional assessment: a computer-aided tool for cognitive and behavioural therapy. *5th International Conference for Disability, Virtual Reality & Associated Technologies*. Oxford, UK.

ICINCO. (2007). Obtido em Fevereiro de 2008, de <http://www.icinco.org/>

IJUP 08. (2008). Obtido em Fevereiro de 2008, de <http://ijup.up.pt/>

International 10-20 System. (1998). Obtido em Setembro de 2007, de <http://members.aol.com/adual/1020sys.html>

Jasper, H. H. (1958). The ten twenty electrode system of International Federation. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, (pp. 917-975, Vol 10).

Kennedy, P. R., & Bakay, R. A. (1998). Restoration of neural output from a paralysed patient by a direct brain connection. *Neuroreport*, (pp. 1707-1711).

Klimesch, W. (2004). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, (pp. 169-195, N 29).

(2007). *kmeans - Functions: Statistics Toolbox*. secção Help: Matlab.

Lang, P. J., & Bradley, M. M. (2005). International Affective Picture System (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. *Technical Report A-6*. University of Florida. Gainesville, FL.

Magnetic Resonance Imaging. (Julho de 2007). Obtido em Setembro de 2007, de <http://radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=bodymr>

Mehrabian, A. (1995). Pleasure-arousal-dominance: A general framework for describing and measuring individual differences in Temperament. *Current Psychology*, 14, 261-292.

Mehrabian, A., & Russel, J. A. (1974). *An Approach to Environmental Psychology*. MIT Press.

(2007). *Metodologia de Investigação Clínica – Selecção de Participantes*. Porto: Serviço de Bioestatística e Informação Médica, Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.

Mind Modulations - Information and Resources. (2005). Obtido em February de 2008, de <http://www.mindmodulations.com/resources/TS-dataformat.html>

Monopolar / Bipolar EEG Electrode kit. (2001). Obtido em Setembro de 2007, de http://www.bio-medical.com/product_info.cfm?inventory__imodel=T8750

Morris, J. D. (1995). Observations: SAM: Self Assessment Manikin – An efficient Cross-cultural measurement of emotional response. *Journal of Advertising Research*.

Muller, M. M. (1999). Processing of affective pictures modulates right-hemispheric gamma band activity. *Clinical Neurophysiology*, (pp. 1913-1920, Vol 110).

Multivariate Statistics. (2005). Obtido em Dezembro de 2007, de http://www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca/profiles/wulder/mvstats/cluster_e.html

Nielson, K. D., & ET AL. (2006). EEG Based BCI – Towards a Better Control. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, (pp. Vol 14, N 2).

Oliveira, E., & Sarmiento, L. (2003). Emotional Advantage For Adaptability and Autonomy. *AAMAS 03*. Melbourne.

Oliveira, P. G. (1981). *Reconhecimento automático de ondas características no EEG de doentes epilépticos: realização baseada num microcomputador*. Universidade de Aveiro.

Oppenheim, A. V., & Willsky, A. S. (1983). *Signals & Systems - 2nd edition*. Prentice Hall.

Osgood, C. E., & Suci, G. J. (1957). *The Measurement of Meaning*. Urbana: University of Illinois Press.

Paul, R. H., & ET AL. (2005). Age-Dependent change in Executive Function and Gamma 40 Hz Phase Synchrony. *Journal of Integrative Neuroscience*, (pp. 63-76, Vol 4, N 1).

Pulse oximetry history. (Setembro de 2002). Obtido em Janeiro de 2008, de <http://www.oximetry.org/pulseox/history.htm>

Pulse oximetry principles. (Setembro de 2002). Obtido em Janeiro de 2008, de <http://www.oximetry.org/pulseox/principles.htm>

Rosa, A. A., & Soares, A. B. (2007). Uma Proposta de um Sistema Computacional em Tempo Real para Biofeedback. *WCCSETE'2006 – Congresso Mundial de Educação em Engenharia, Tecnologia e Ciência, 1*, p. 5. Santos.

Rusalova, M. N., & ET AL. (2003). Spatial Distribution of Coefficients of Asymmetry of Brain Bioelectrical Activity during the Experiencing of Negative Emotions.

Neuroscience and Behavioral Physiology, (pp. Vol 33, N7).

Schmidt, S., & Walach, H. (2000). Electrodermal activity - State of the Art measurement and techniques for parapsychological purposes. *Journal of Parapsychology*.

Takahaski, K. (2004). Remarks on Emotion Recognition from Bio-Potential Signals. *2nd International Conference on Autonomous Robots and Agents*.

Teixeira, J., & Vinhas, V. (2008). Multichannel Emotion Assessment Framework: Positive and Negative Emotional Dichotomy. *ICINCO – 5th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*. (To be published)

Teixeira, J., & Vinhas, V. (2008). Multichannel Emotion Assessment Framework: Gender and High-Frequency Electroencephalography as Key-Factors. *ICEIS – International Conference on Enterprise Information Systems*. (To be published)

Teixeira, J., & Vinhas, V. (2008). General Purpose Emotion Assessment Testbed based on Biometric Information. *KES-IIMSS – 1st International Symposium on Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services*. (To be published)

Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG Measurement. *Measurement Science Review*, (pp. Vol 2, Section 2).

The American Heritage Dictionary of the English Language. (2004). 4th edition.

The American Heritage Stedman's Medical Dictionary. (2002).

The Belmont Report. (Julho de 2000). Obtido em Janeiro de 2008, de <http://www.hhs.gov/ohrp/humansubjects/guidance/belmont.htm>

Vinhas, V. (2008). *RealTime Dynamic Multimedia Storyline Based on Online Audience Biometric Information*. Porto: FEUP - LIACC.

Vinhas, V., & Gomes, A. (2008). Mouse Control through electromyography: Using biosignals towards new user interfaces paradigms. *Biosignals*.

Vision Quest. (Setembro de 2002). Obtido em Janeiro de 2008, de <http://www.wired.com/wired/archive/10.09/vision.html>

Vitali, P., & Avanzini, G. (2002). Cortical Location of 10-20 System Electrodes on Normalized Cortical MRI Surfaces. *International Journal of Bioelectromagnetism*, (pp. 147-147, Vol 4, N 2).

Watson, D., & Tellegen, A. (1985). *Toward a consensual structure of mood*. American Psychological Association.

Wundt, W. (1904). *Principles of Physiological Psychology*. Londres: Swan Sonnenschein & Co.

Anexos

Anexo A – Questionário de Selecção

1. Ingeriu cafeína nas últimas duas horas?
2. Fumou nas últimas duas horas?
3. Consumiu álcool nas últimas 12 horas?
4. Considera-se uma pessoa nervosa ou com alguma depressão?
5. No seu histórico familiar, existe alguém com doenças mentais, que tenha sofrido danos cerebrais físicos ou desordens neurológicas?
6. Existe alguém na sua família que tenha algum outro tipo de doença grave não mencionada, problemas com droga ou álcool?

Anexo B – Texto Introdutório à sessão experimental

Antes de mais gostaria de agradecer a sua presença e a sua disponibilidade para a realização desta sessão experimental.

O presente estudo visa, através da interacção entre três dispositivos diferentes e em funcionamento simultâneo, a captação de dados biométricos para proceder à sua posterior análise e tratamento. Os dados biométricos tratados neste trabalho incluem a actividade cerebral eléctrica, o ritmo cardíaco e a resistência da pele.

Esta sessão experimental é completamente indolor, não necessita de qualquer esforço físico ou psíquico e a sua duração será de aproximadamente trinta minutos.

Para garantir que os resultados obtidos vão de acordo com o estudo em causa, será realizado um pequeno questionário com o intuito de despistar possíveis entraves à realização desta sessão experimental.

(Após a realização do inquérito, e para o caso de nenhuma resposta ser afirmativa)

Para evitar quaisquer interferências com os dados biométricos obtidos (denominados artefactos), é necessária a remoção de objectos metálicos próximos do crânio como brincos, colares ou óculos, bem como relógios e pulseiras pela proximidade com os fios condutores conectados ao EEG (Electroencefalograma) resultando em possíveis interacções electromagnéticas.

Visto que a actividade cerebral é fortemente influenciada por movimentos musculares, é necessária a máxima imobilidade possível por parte do sujeito durante toda a sessão experimental. Para além disso, é requerido um elevado grau de concentração a fim de evitar divagar por pensamentos diversos dos que são directamente relacionáveis com a imagem apresentada.

Serão colocados três eléctrodos relativos ao Electroencefalograma, um para o oxímetro e uma fita ajustável com dois eléctrodos para o GSR (Galvanic Skin Response). Relativamente ao EEG, este dispositivo irá captar a actividade cerebral através da diferença de potencial detectada no crânio humano. Serão necessários dois eléctrodos de referência colocados nos dois lóbulos das orelhas, e um eléctrodo colocado entre a zona Frontal e a Central do crânio, na linha média. Irá ser aplicado um gel condutor em cada um dos eléctrodos para garantir uma boa condutividade eléctrica

e a boa qualidade da actividade cerebral captada. No que respeita ao oxímetro, este dispositivo de medição será usado para determinar a variação da pulsação ao longo da sessão experimental. Através da emissão de luz infravermelha no dedo indicador do sujeito, e tendo em conta as características da hemoglobina, é possível também determinar a saturação do oxigénio. A aplicação deste sensor não necessita de qualquer gel condutor. Por fim o GSR cuja função é determinar a resistência ou condutividade da pele, será ligado à palma da mão através de uma fita ajustável constituída por dois eléctrodos secos.

Para além dos dispositivos de captação de dados atrás referidos, irá também ser necessária a utilização de um computador e dois monitores, um para a apresentação das imagens e outro para a monitorização em tempo real dos sinais biométricos captados. Os fios que interligam os dispositivos foram reduzidos ao mínimo de forma a não intimidar ou causar qualquer tipo de receio da utilização dos mesmos, e assim deturpar os dados recolhidos.

A sessão começará por um período de relaxamento, que consistirá simplesmente em fechar os olhos durante aproximadamente dois minutos. Este período tem como objectivo, para além do relaxamento, a normalização da actividade cerebral e detecção de possíveis erros derivados da má colocação dos eléctrodos.

Após a preparação da sessão experimental terá início a apresentação de um conjunto de imagens, em número de sessenta. A apresentação é constituída, para além das imagens, por um quadro negro cuja função é relaxar e preparar o sujeito, e um quadro negro com uma cruz branca no centro de forma a cativar a atenção e concentração. Finalmente é apresentado o conjunto das sessenta imagens, cada uma das quais será visionada durante seis segundos, tal como os quadros negros iniciais.

O tratamento dos dados biométricos obtidos é puramente científico e é garantida toda a confidencialidade dos dados pessoais fornecidos.

A realização desta sessão experimental pressupõe a aceitação explícita por parte do sujeito de todas as informações e detalhes fornecidos para a sessão experimental bem como o tratamento dos dados biométricos recolhidos no âmbito deste trabalho.

Muito obrigado pela colaboração prestada.

Anexo C – Imagens da primeira sessão experimental para homens

Imagem IAPS	Descrição	Afectividade	Excitamento
4250	AttractiveFem	8.39	7.02
4210	EroticFemale	8.25	7.80
4180	EroticFemale	8.21	7.43
5833	Beach	8.15	6.37
8501	Money	8.14	6.86
8190	Skier	8.13	6.41
1710	Puppies	8.02	5.53
4220	EroticFemale	8.02	7.17
4607	EroticCouple	7.99	7.19
4664	EroticCouple	7.99	7.72
1440	Seal	7.96	4.76
4652	EroticCouple	7.92	7.25
1750	Bunnies	7.89	4.21
4232	EroticFemale	7.88	7.52
2154	Family	7.87	4.58
1920	Porpoise	7.83	4.21
4220	EroticFemale	7.81	6.64
1460	Kitten	7.80	4.20
2050	Baby	7.80	4.05
4150	AttractiveFem	7.80	6.41
7830	Agate	5.31	4.40
7285	Tomatoes	5.30	3.52
2445	Feet	5.29	4.06
7100	FireHydrant	5.29	3.08
3550	Coach	5.28	4.66
5520	Mushroom	5.28	2.95
1310	Leopard	5.27	5.89
2385	Girl	5.27	3.73
7057	Coffeecup	5.27	3.56
2635	Cowboy	5.26	4.45
2704	Soldiers	5.25	5.24
7249	AbstractArt	5.25	4.12
7547	Bridge	5.25	3.23
4536	AttractiveMan	5.24	2.96
5531	Mushroom	5.24	3.60
8465	Runner	5.24	2.82
7248	AbstractArt	5.23	4.73
2745	Shopping	5.22	3.21
1945	Turtle	5.21	4.27
2220	MaleFace	5.21	5.04
3261	Tumor	1.98	5.51
3266	Injury	1.98	5.85

3005	OpenGrave	1.96	5.55
9410	Soldier	1.96	6.38
3060	Mutilation	1.94	6.89
3168	Mutilation	1.94	5.55
3130	Mutilation	1.90	6.56
9570	Dog	1.90	5.84
3100	BurnVictim	1.88	5.88
9040	StarvingChild	1.88	5.10
3063	Mutilation	1.84	5.44
3015	Accident	1.83	5.54
3120	DeadBody	1.80	6.20
3064	Mutilation	1.78	5.44
3170	BabyTumor	1.77	6.79
3000	Mutilation	1.69	6.74
3080	Mutilation	1.63	6.84
3102	BurnVictim	1.62	5.88
3053	BurnVictim	1.50	6.20

Tabela 8: Imagens da primeira sessão experimental para homens

Anexo C.1 – Exemplos de imagens da biblioteca IAPS



Ilha paradisíaca



Animais de Estimação

Anexo D – Imagens da sessão experimental definitiva para homens

Imagem IAPS	Descrição	Afectividade	Excitamento
5833	Beach	8,15	6,37
8501	Money	8,14	6,86
8190	Skier	8,13	6,41
1710	Puppies	8,02	5,53
1440	Seal	7,96	4,76
1750	Bunnies	7,89	4,21
2154	Family	7,87	4,58
1920	Porpoise	7,83	4,21
1460	Kitten	7,8	4,2
2050	Baby	7,8	4,05
1441	PolarBears	7,71	3,84
5700	Mountains	7,7	5,94
2070	Baby	7,69	4,02
5760	Nature	7,69	2,77
8170	Sailboat	7,67	6,57
8370	Rafting	7,67	6,46
2340	Family	7,65	5,35
2040	Baby	7,63	4,33
2260	NeutBaby	7,63	3,74
8510	SportCar	7,62	5,44
7830	Agate	5,31	4,4
7285	Tomatoes	5,3	3,52
2445	Feet	5,29	4,06
7100	FireHydrant	5,29	3,08
5520	Mushroom	5,28	2,95
1310	Leopard	5,27	5,89
2385	Girl	5,27	3,73
7057	Coffeecup	5,27	3,56
2635	Cowboy	5,26	4,45
2704	Soldiers	5,25	5,24
7249	AbstractArt	5,25	4,12
7547	Bridge	5,25	3,23
4536	AttractiveMan	5,24	2,96
5531	Mushroom	5,24	3,6
8465	Runner	5,24	2,82
7248	AbstractArt	5,23	4,73
2745	Shopping	5,22	3,21
1945	Turtle	5,21	4,27
2220	MaleFace	5,21	5,04
5510	Mushroom	5,2	2,78
2799	Funeral	2,76	4,75
2900	CryingBoy	2,76	4,76

9921	Fire	2,6	6,09
3220	Hospital	2,59	5,08
6212	Soldier	2,59	5,47
2750	Bum	2,57	4,06
2375	Woman	2,55	4,48
9421	Soldier	2,47	4,86
3230	DyingMan	2,44	5
9910	CarAccident	2,35	6
2703	SadChildren	2,33	5,73
2800	SadChild	2,31	4,94
3180	BatteredFem	2,27	5,17
9220	Cemetery	2,27	3,83
2205	Hospital	2,24	4,41
2095	Toddler	2,16	4,69
9520	Kids	2,14	5,45
9560	DuckInOil	2,07	5,46
3350	Infant	2	5,65
9410	Soldier	1,96	6,38

Tabela 9: Imagens da sessão experimental definitiva para homens

Anexo E – Imagens para a sessão experimental para mulheres

Descrição	Imagem IAPS	Afectividade	Excitamento
Baby	2040	8.74	4.97
Baby	2050	8.62	5.10
Puppies	1710	8.59	5.31
Bunnies	1750	8.59	4.02
Kitten	1460	8.58	4.42
Sunset	5830	8.54	4.88
NeutBaby	2260	8.51	4.77
Baby	2070	8.50	4.84
Babies	2080	8.46	4.94
Seal	1440	8.43	4.47
Nature	5760	8.41	3.67
Rabbit	1610	8.39	3.33
Father	2057	8.39	4.73
Family	2340	8.34	4.53
Baby	2150	8.31	5.29
Family	2395	8.31	4.48
Father	2165	8.29	5.05
Beach	5833	8.27	5.14
Girls	2091	8.26	4.77
Mug	7035	5.15	2.75
Candlestick	7053	5.15	2.90
Plate	7233	5.15	2.96
Bird	1616	5.14	4.15
Farmer	2191	5.14	3.60
Woman	2305	5.14	3.05
Man	2495	5.14	3.47
Spoon	7004	5.14	1.94
NeuMan	2102	5.13	2.92
Boy	9070	5.13	3.73
Tool	7056	5.12	2.96
NeuWoman	2038	5.11	2.84
NeutMan	2214	5.11	3.86
Buffalo	1675	5.10	4.36
NeutralMale	2493	5.10	3.54
Mushroom	5510	5.10	2.87
Fork	7080	5.10	2.67
Bowl	7006	5.09	2.58
AbstractArt	7185	5.08	2.72
Mushroom	5531	5.07	3.80
DuckInOil	9560	2.18	5.54
DrugAddict	2710	2.16	5.57

CryingBoy	2900	2.16	5.40
Suicide	6570	2.10	6.43
HIVTattoo	9006	2.08	6.15
War	2683	1.97	6.42
Soldier	9421	1.96	5.22
Woman	2375.1	1.91	5.22
PlaneCrash	9050	1.90	6.63
Soldier	6212	1.81	6.53
Accident	9435	1.81	5.09
Infant	3350	1.76	5.78
DyingMan	3230	1.67	5.75
Hospital	2205	1.65	4.65
SadChildren	2703	1.59	5.81
Fire	9921	1.58	6.87
StarvingChild	9040	1.50	6.44
Toddler	2095	1.48	5.72
SadChild	2800	1.41	5.87
Soldier	9410	1.20	7.54

Tabela 10: Imagens para a sessão experimental para mulheres

Anexo F – Ficha descritiva da sessão experimental

Descrição da experiência	
Sessão:	
Data:	
Local:	<ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: _____ • Morada: _____ • Contacto: _____ • Condições de temperatura, som e luminosidade: _____
Intervenientes:	<ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo • Notas: _____ • Nome: _____ • Função: _____ • Notas: _____
Sujeito:	<ul style="list-style-type: none"> • Código: _____ • Data de nascimento: _____ • Sexo: Homem / Mulher • Destro / Esquerdino
Durações temporais da sessão:	<ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: ___ h ___ min • Período de repouso: _____ (em segundos) • Duração total da sessão do EEG: ___ min ___ seg • Duração total da sessão do oxímetro: ___ min ___ seg • Primeira imagem ___ seg após o início da captura da actividade cerebral eléctrica através do EEG • Início da captura do batimento cardíaco ___ seg após/antes o EEG • Início da captura da resistência eléctrica da pele ___ seg após/antes o EEG

Observações:

- Considera que esta sessão experimental atingiu o objectivo proposto, induzir estados emocionais distintos?

- Apercebeu-se das fases distintas ao longo da sessão?

- Notou ruídos durante a sessão?

- Distraiu-se com o meio envolvente? A sua concentração manteve-se constante ao longo de toda a sessão?

- Quais as imagens mais marcantes das que lhe foram apresentadas?

- Comparativamente ao estado emocional neutro, considera que a indução das emoções foi mais eficiente para a alegria ou para a tristeza?

- Tem alguma sugestão / comentário que gostaria de acrescentar?

Revisto/Aprovado por:

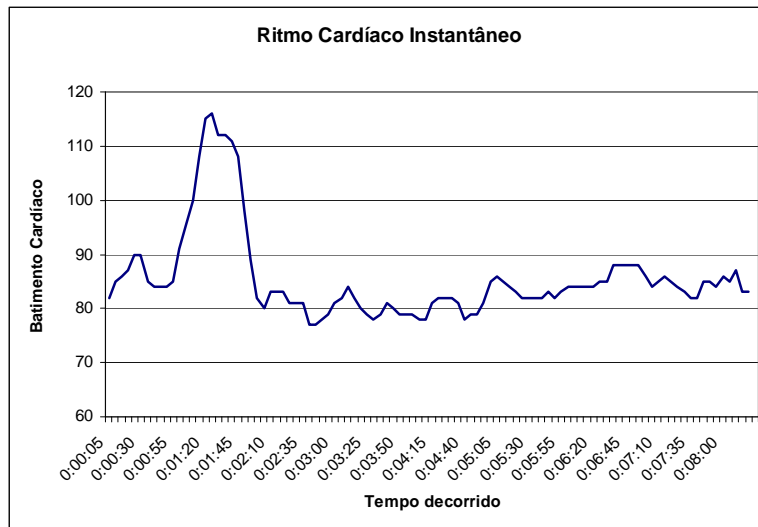
Anexo G – Sessões Experimentais

Sessão Experimental 1

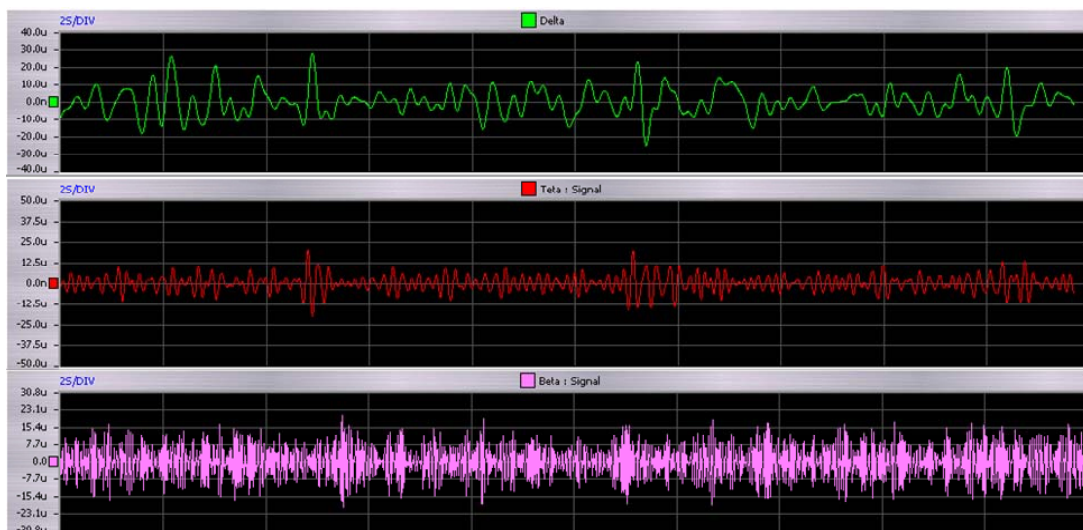
Descrição da experiência
Sessão: 1
Data & Hora: 04-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo • Nome: Vasco Moreira • Função: Orientador
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 01 • Idade: 24 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 14 h 45 min • Período de repouso: 60 segundos • Início da apresentação das imagens: 14 h 46 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 14 h 54 min 00 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • O sujeito teve de usar óculos. • Existiram alguns ruídos externos durante a sessão. • O sujeito comentou no final da sessão que as fotos finais foram demasiado chocantes
Revisto/Aprovado por:

ARQUIVO – Sessão 1																		
Sessão: 01	Data: 04 - Out - 2007	Sujeito: 01																
Local: Gabinete I020 – DEEC / FEUP																		
Condições: Boas condições de luminosidade, som e temperatura.		Ficheiros associados: - Sessão para homem 1 (pasta) - Sessão para homem_1.xls - Exp1.pdf - Exp1.bsx - Exp1_oxi.xls																
Sumário: A realização da primeira sessão experimental teve um carácter provisório no sentido de avaliar todo o procedimento, corrigir falhas e melhorar e automatizar a captação dos dados biométricos. A opinião do sujeito relativamente à sessão realizada permitiu tirar diversas conclusões e melhorar o conjunto de imagens apresentadas para tornar mais eficaz a indução dos estados emocionais. A interpretação dos sinais biométricos captados foi realizada com algum sucesso, e foi essencial para a análise e o processamento posterior dos dados.																		
Descrição: <ul style="list-style-type: none"> ○ Na sessão estiveram presentes Jorge Teixeira e Vasco Moreira ○ O sujeito é do sexo masculino, tem vinte e quatro anos, é destro e tem epilepsia. Durante a sessão teve a necessidade de usar óculos. ○ A sessão teve início às 14h45m, seguindo-se um período de hiperpeneia interrompido ao fim de sessenta segundos por cansaço do sujeito. ○ O conjunto de imagens apresentado pretendia induzir três estados emocionais distintos, alegria, um estado neutro e tristeza. A apresentação das imagens foi ordenada de forma decrescente desde alegria até tristeza. <div style="text-align: center;"> <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico de Afectividade</caption> <thead> <tr> <th>Tempo (s)</th> <th>Afectividade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>8,5</td></tr> <tr><td>11</td><td>8,0</td></tr> <tr><td>21</td><td>5,5</td></tr> <tr><td>31</td><td>5,2</td></tr> <tr><td>41</td><td>2,0</td></tr> <tr><td>51</td><td>1,8</td></tr> <tr><td>60</td><td>1,5</td></tr> </tbody> </table> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ O sujeito teve conhecimento prévio das imagens apresentadas. 			Tempo (s)	Afectividade	1	8,5	11	8,0	21	5,5	31	5,2	41	2,0	51	1,8	60	1,5
Tempo (s)	Afectividade																	
1	8,5																	
11	8,0																	
21	5,5																	
31	5,2																	
41	2,0																	
51	1,8																	
60	1,5																	

- Durante esta sessão apenas esteve disponível um PC, tornando a coordenação geral e sincronização da experiência mais difícil.
- Ocorreram dois momentos em que houve perturbação de ruído externo. Os tempos exactos dessas ocorrências não foram registados.
- A variação do batimento cardíaco teve dois períodos distintos. No primeiro período ocorreu um aumento bastante acentuado devido à hiperpeneia. Aquando do término da hiperpeneia e posterior início da apresentação as imagens, o batimento cardíaco estabilizou e não se verificaram alterações relevantes até ao final da sessão experimental.



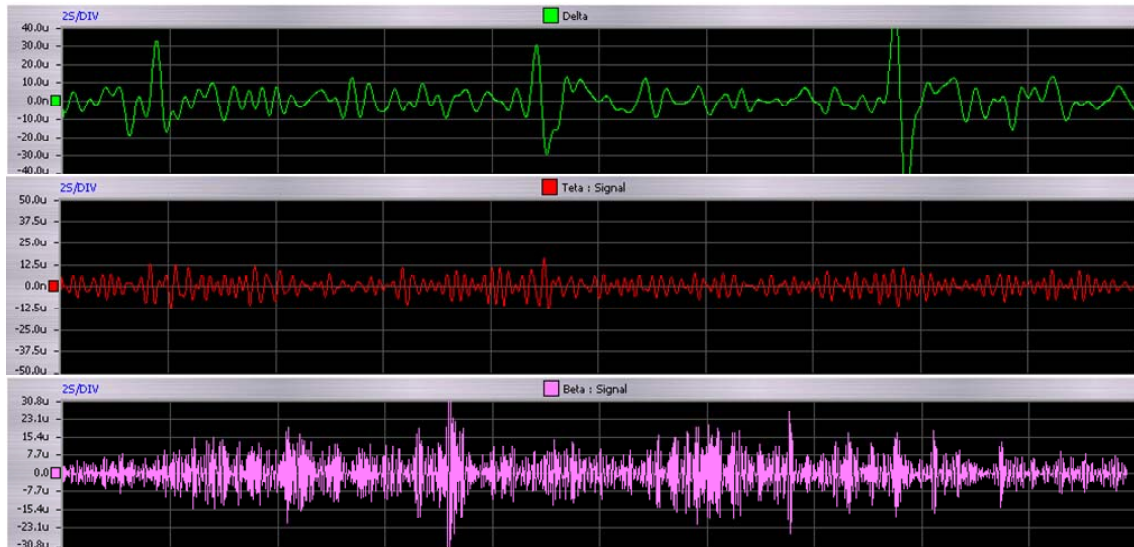
- Para além da irregularidade presente no ritmo cardíaco instantâneo durante a hiperpeneia, também as ondas cerebrais registadas a partir do EEG o mostraram, apresentando uma oscilação contínua e irregular da actividade cerebral em qualquer uma das bandas (Delta, Teta, Alfa, Beta e Gama)
- A captação de uma faixa de 20 segundos (1m19seg até 1m39seg) permitiu observar a existência de um padrão nas ondas Delta e Teta aquando da apresentação de novas imagens cujo estado emocional a induzir no sujeito é alegria. Relativamente à onda Teta, esta teve um aumento de aproximadamente 50% da sua amplitude em relação à amplitude nominal.



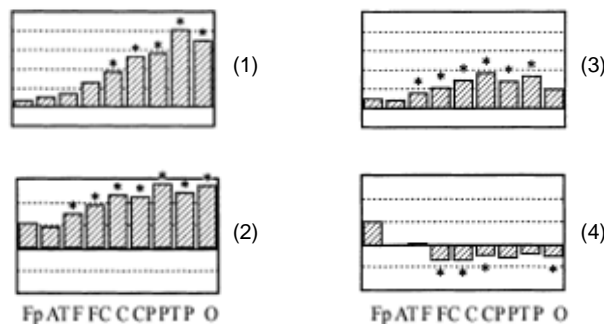
- A elevada frequência das ondas na banda Beta (12Hz a 16Hz) está directamente relacionada

com a sua rápida variação, tornando a detecção de padrões muito complexa e de difícil execução. Para além das ondas Beta mencionadas, também as Gama têm frequência superior a 16Hz, pelo que se verifica um comportamento semelhante ao acima referido.

- Da análise do comportamento da actividade cerebral durante o período de indução de imagens com baixa componente de afectividade, registou-se um aumento da amplitude das ondas Delta e Teta no momento da transição entre imagens, apesar de esse aumento ser menor que no caso da afectividade elevada.



- Este resultado vai de acordo com um estudo realizado em 2006 que previa, para o posicionamento do eléctrodo na zona Frontal-Central (FC) e Central (C), uma variação da amplitude das ondas Teta e Beta, variação essa que era mais significativa para o estado emocional de alegria, e menos significativa, ainda que com um aumento ligeiro relativamente ao comportamento fora da zona de transição entre imagens, para o estado emocional de tristeza.



- Nos gráficos acima representados, (1) e (2) representam o estado de alegria nas bandas Teta e Beta, e (3) e (4) tristeza nas mesmas bandas. A variação de amplitude entre o estado emocional neutro e de alegria é representada por uma barra vertical, que é crescente com o aumento dessa mesma variação e visível nos gráficos acima representados. Desta forma, a variação da amplitude da onda Teta num sujeito cujo estado emocional era neutro e foi induzido de forma a tornar-se alegre, a detecção de uma alteração da amplitude das ondas cerebrais na região Anterior-Temporal (AT) é quase nula comparativamente ao aumento na zona Central (C).
- Durante a apresentação de imagens com valores para a afectividade muito baixos, as

imagens apresentadas eram chocantes e muito desagradáveis, razão pela qual o sujeito tentou abstrair-se das mesmas e deturpar assim o comportamento das ondas cerebrais registadas. Por esse motivo a interpretação dos sinais captados pelo EEG durante a parte final da sessão experimental não produziram qualquer conclusão evidente quanto à interpretação do estado emocional induzido.

- Este comportamento criou um conjunto de novas circunstâncias que serão detalhadamente analisadas e apresentadas de forma a corrigir e melhorar todo o processo experimental.

Após o final da sessão experimental, o sujeito declarou que o conjunto de imagens apresentado não foi o mais adequado ao estudo pretendido, essencialmente devido às imagens relativas à tristeza. Mais especificamente, informou que algumas das imagens apresentadas o induziram num estado que não o de tristeza, mas sim ansiedade, medo e choque.

Das observações finais proferidas pelo sujeito, e da impossibilidade da determinação de um padrão de resposta das ondas cerebrais às imagens com baixa afectividade, conclui-se que deveria ser criado um novo conjunto de imagens.

Por um lado, valores elevados de afectividade foram caracterizados por imagens cujo espectro de emoções causadas foi demasiado alargado. Incluía imagens sensuais e mesmo eróticas, em conjunto com imagens de ilhas paradisíacas e animais de estimação. O primeiro grupo de imagens causou um sentimento de excitação que muito certamente ultrapassou o de alegria, pelo que de certa forma distorceu os resultados e alterou as conclusões que eram previstas.

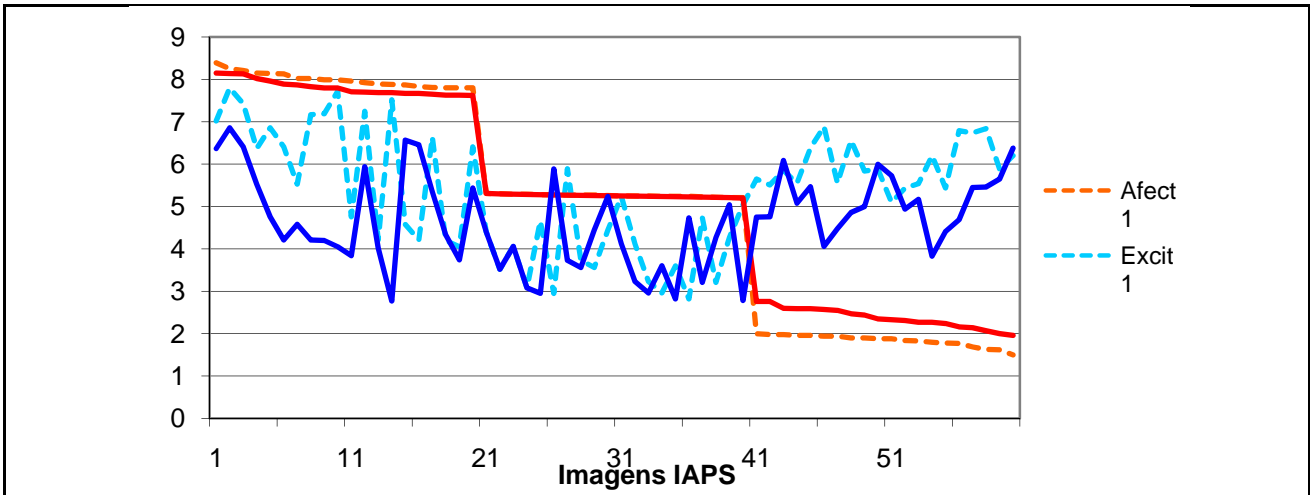
Por outro lado, e no que se refere à zona de mais baixa afectividade, o conjunto de imagens apresentado incluía mutilações e doenças físicas graves, que constrangeram e causaram algum medo no sujeito. Juntamente com este tipo de imagens, encontrava-se um tipo de imagens mais adequadas ao sentimento de tristeza, como, a título exemplificativo, uma criança com fome.

Através da consulta da tabela de imagens *IAPS*, e para o caso das imagens eróticas, a sua avaliação segundo o modelo *SAM (Self Assessment Manikin)* resultou num elevado valor para a afectividade acrescido de um valor para o excitação também elevado. A afectividade por si só traduz-se em alegria, mas no entanto, em conjunto com elevado nível de excitação induz um estado emocional de excitação. Por outro lado, uma imagem de uma paisagem deslumbrante é quantificada com um elevado valor para a afectividade, mas moderado relativamente ao excitação, daí o estado emocional predominante aquando da observação desta imagem ser alegria.

De modo oposto, a conclusão observada para o estado emocional induzido após o visionamento de imagens de mutilados ser tristeza e ao mesmo tempo medo e ansiedade é semelhante à anterior, apesar de menos notória.

A partir das afirmações acima apresentadas, então a escolha das imagens para sessões experimentais futuras terá de ter em conta não só a afectividade, mas também o excitação. Neste sentido, a escolha das imagens passará, numa primeira fase, por respeitar os valores de afectividade referidos anteriormente para ser possível a construção de uma sessão com 3 patamares de afectividade distintos; num segundo momento, imagens cujo estado emocional estimulado seja claramente diferente do pretendido serão excluídos da sessão; e por fim serão verificados e confirmados os valores de excitação, que devem ser baixos.

A seriação de um novo conjunto de imagens que cumpra os critérios acima referidos culminou na elaboração da apresentação de imagens para a sessão experimental 2. O gráfico seguinte permite obter uma comparação directa entre os níveis de afectividade e excitação da sessão experimental 1 e 2, de onde se realça o facto de que os valores da afectividade foram mantidos constantes e, na globalidade, os valores do excitação apresentaram-se inferiores aos da primeira sessão experimental.



Conclusão:

Após o término desta sessão experimental, e a análise, discussão e fundamentação dos resultados obtidos, obtiveram-se diversas conclusões importantes para que a prossecução do estudo seja a mais correcta possível, bem orientada e estruturada.

Em primeiro lugar, a variação do ritmo cardíaco instantâneo ao longo da apresentação das imagens foi efectivamente muito reduzida, o que indica a necessidade da realização de um maior número de sessões experimentais para analisar os resultados obtidos.

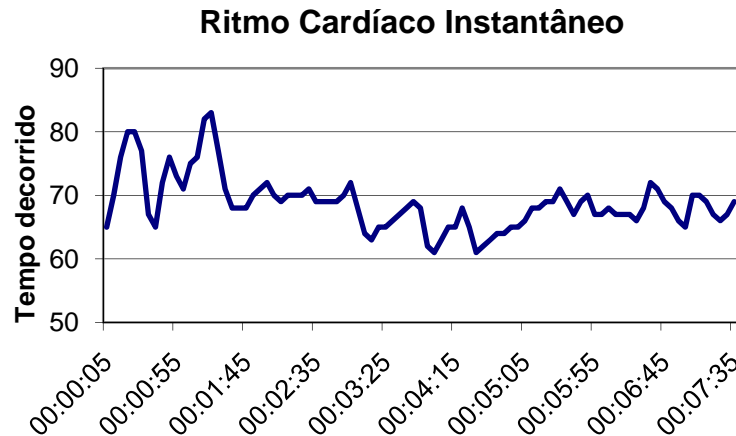
A interpretação das ondas cerebrais é um tema muito complexo e desta primeira sessão experimental pode-se concluir que, mas não a título definitivo, é visível uma variação da amplitude das ondas Delta e Teta aquando da apresentação de uma nova imagem, e essa variação é mais significativa quando o estado emocional induzido é alegria, ao contrária da tristeza cuja variação das amplitudes das referidas ondas é menor.

Por fim foi criado um novo conjunto de imagens com níveis de excitação inferiores para evitar a conjugação de emoções induzidas, como se assistiu durante esta sessão e foi comentado pelo próprio sujeito no final da mesma.

Sessão Experimental 2

Descrição da experiência
Sessão: 2
Data : 09-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 02 • Idade: 24 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 10 h 09 min • Período de repouso: 60 segundos • Início da apresentação das imagens: 10 h 13 min 15 seg • Fim da apresentação das imagens: 10 h 19 min 34 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • Os primeiros dois segundos dos dados captados pelo EEG devem ser considerados nulos. • O sujeito usou óculos. • Os comentários finais do sujeito indicaram que os sentimentos induzidos foram de acordo com o previsto.
Revisto/Aprovado por:

ARQUIVO – Sessão 2		
Sessão: 02	Data: 09 - Out - 2007	Sujeito: 02
Local: Gabinete I020 – DEEC / FEUP		
Condições: Boas condições de luminosidade, som e temperatura.	Ficheiros associados: - Sessão para homem 2 (pasta) - Sessão para homem_2.xls - Exp2.pdf - Exp2.bsx - Exp2_oxi.xls	
Sumário: <p>A realização desta sessão veio confirmar alguns dos dados obtidos na sessão anterior, e reforçar a ideia de que serão necessárias mais sessões experimentais para se poder atingir uma conclusão sustentável e viável quanto à interpretação dos dados biométricos face ao reconhecimento dos estados emocionais.</p> <p>A variação do batimento cardíaco instantâneo relativamente ao estado emocional induzido não surtiu os valores esperados, ponderando-se assim a hipótese da aquisição de um novo dispositivo de captação de dados biométricos para apoiar e melhorar o presente estudo.</p> <p>Por fim, a opinião do sujeito no final da sessão permitiu reforçar a ideia de um melhoramento do novo conjunto de imagens apresentadas.</p>		
Descrição: <ul style="list-style-type: none"> ○ Na sessão estive presente Jorge Teixeira. ○ O sujeito é do sexo masculino, tem vinte e quatro anos e é destro. Durante a sessão teve a necessidade de usar óculos. ○ A sessão teve início às 10h09m, seguindo-se um período de cuja duração foi de sessenta segundos. ○ O sujeito teve conhecimento prévio das imagens apresentadas. ○ Durante esta sessão foram usados dois PC, um para a apresentação das imagens, e ou outro para a monitorização e gravação dos dados capturados, evitando assim distrair o sujeito com os preparativos iniciais. ○ A variação do batimento cardíaco teve dois períodos distintos. No primeiro período ocorreu um aumento bastante acentuado devido à hiperpeneia. Aquando do término da hiperpeneia e posterior início da apresentação as imagens, o batimento cardíaco. 		



- Idealmente o batimento cardíaco instantâneo deveria diminuir ao longo da apresentação de imagens visto que as imagens alegres e que, necessariamente causam maior emoção e contentamento, são apresentadas na parte inicial. Este tipo de imagens levaria assim a um ritmo cardíaco instantâneo superior ao ritmo cardíaco no momento em que as imagens mais tristes são apresentadas. No entanto este comportamento não é verificado nesta sessão experimental, e as razões para tal facto podem ser bastante diversas. O estado emocional no sujeito poderá não ter sido suficientemente forte para causar qualquer tipo de alterações no batimento cardíaco, o sujeito poderá não considerar as imagens efectivamente alegres ou tristes, poderá ter-se abstraído da imagem em causa por esta lhe lembrar qualquer outro momento, entre outras. Naturalmente que a reacção dos sujeitos ás imagens são muito distintas e por esse motivo terão de ser realizadas mais sessões experimentais.
- Não obstante da justificação apresentada, está a ser ponderada a aquisição de um novo dispositivo biométrico no sentido de ajudar a compreender a reacção do sujeito à visualização das imagens. O dispositivo em causa é um *GSR (Galvanic Skin Resistance)* e a sua principal função é medir a resistência ou condutividade da pele e a variação ao longo do tempo.
- A colocação dos eléctrodos foi semelhante à sessão experimental anterior para que seja possível haver uma correcta análise e validação dos dados.
- Relativamente à interpretação das ondas cerebrais captadas, não houve nem registo adicional a ser referido relativamente à sessão anterior.
- No final da sessão experimental, o sujeito referiu que as imagens apresentadas induziram-no no estado emocional pretendido. Esta informação serve para reforçar a qualidade do conjunto de imagens, que foi cuidadosamente criado para induzir os estados emocionais da forma mais realista possível, para que o comportamento das ondas cerebrais possa mais tarde ser padronizado.
-

Conclusão:

Até ao momento não se detectaram quaisquer comportamentos tipo no estudo do batimento cardíaco, o que será possivelmente uma indicação de que este dispositivo por si só não trará grandes desenvolvimentos e progressos a este estudo.

No sentido de colmatar esta lacuna, poderá ser utilizado um novo dispositivo de captação de dados biométricos, um *GSR (Galvanic Skin Resistance)* para medir a resistência ou condutividade da pele e assim fornecer mais dados quando ao estado emocional induzido no sujeito.

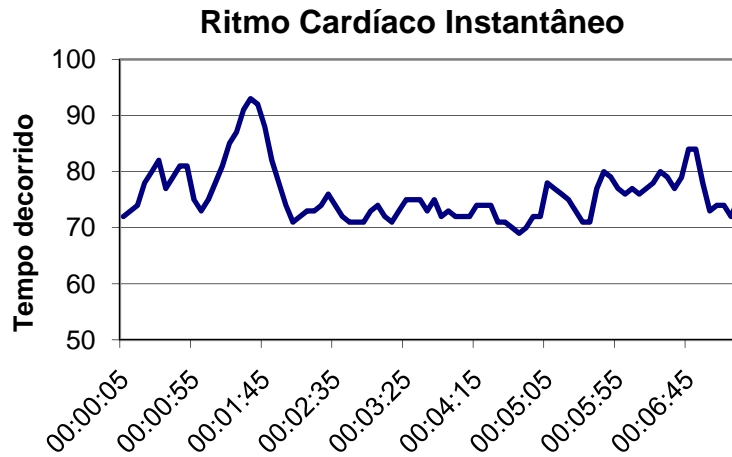
No tocante às ondas cerebrais captadas, não foram encontradas grandes variações ao longo da sessão e a confirmação do possível padrão referido na sessão experimental 1 (a variação da amplitude das ondas Teta é superior para emoções positivas como a alegria e inferior para emoções negativas como a tristeza) foi quase indetectável.

No entanto terão de ser realizadas mais sessões experimentais para que a comparação dos dados seja facilitada, e a qualidade dos resultados obtidos mais fiável.

Sessão Experimental 3

Descrição da experiência
Sessão: 3
Data : 09-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura elevada. Som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo • Nome: Vasco Moreira • Função: Orientador
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 03 • Idade: 24 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 16 h 03 min • Período de repouso: 30 segundos • Início da apresentação das imagens: 16 h 04 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 16 h 10 min 23 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • Optou-se por iniciar a sessão com trinta segundo de relaxamento com os olhos fechados, evitando assim o cansaço evidente do sujeito. • Os dois segundos iniciais da captação de dados através do EEG deverão ser considerados nulos. • O sujeito movimentou-se por diversas vezes durante a sessão, incluindo movimento dos braços, da mão e tossir. • No final da sessão o sujeito referiu que deveriam existir imagens mais emocionantes na parte inicial do conjunto de imagens apresentado.
Revisto/Aprovado por:

ARQUIVO – Sessão 3		
Sessão: 03	Data: 09 - Out - 2007	Sujeito: 03
Local: Gabinete I020 – DEEC / FEUP		
Condições: Boas condições de luminosidade e . Temperatura elevada.	Ficheiros associados: - Sessão para homem 2 (pasta) - Sessão para homem_2.xls - Exp3.pdf - Exp3.bsx - Exp3_oxi.xls	
Sumário: Esta sessão experimental permitiu a criação de um novo método de relaxamento em substituição à hiperpeneia devido à fadiga causada no sujeito. Foram registados vários movimentos executados pelo sujeito durante a sessão experimental, que deverão ser evitados nas próximas sessões de forma a não inutilizar parte dos dados biométricos captados.		
Descrição: <ul style="list-style-type: none"> ○ Na sessão estive presente Jorge Teixeira e Vasco Moreira. ○ O sujeito é do sexo masculino, tem vinte e quatro anos e é destro. ○ A sessão teve início às 10h09m, seguindo-se um período de relaxamento cuja duração foi de trinta segundos. Este relaxamento foi realizado de uma forma diferente das sessões anteriores, visto que os sujeitos demonstravam fadiga notória após a realização da hiperpeneia. Desta forma, nesta sessão o sujeito esteve trinta segundos com os olhos fechados, obtendo assim o relaxamento pretendido e necessário para o início da apresentação das imagens. ○ Durante esta sessão foram usados dois PC. ○ Este sessão foi caracterizada por diversos momentos em que o sujeito se movimentou ou tossiu alterando assim o comportamento dos sinais biométricos. Esses momentos foram registados e são seguidamente apresentados: <ul style="list-style-type: none"> - 26 seg: Tossiu - 1 min 37 seg: Movimento do braço - 2 min 23 seg: Movimento do braço e da cabeça - 3 min 10 seg: Movimento da mão - 4 min 20 seg: Barulho exterior interferiu na atenção do sujeito - 5 min 40 seg: Tossiu ○ A variação do batimento cardíaco, apesar de numa primeira análise parecer irregular, seguiu parte dos padrões e comportamentos esperados relativamente ao estado emocional presente no sujeito. 		



- Como se pode observar pelo gráfico da variação do ritmo cardíaco instantâneo do sujeito, e dado que nesta sessão o momento de relaxamento não integrou nenhum esforço físico, o ritmo cardíaco deveria manter-se constante. No entanto, no instante 26seg o sujeito tossiu, e esse acto involuntário exprimiu-se no ritmo cardíaco sob a forma de um aumento, que corresponde dois primeiros picos apresentados no gráfico acima. Após esse momento, existe um terceiro pico do batimento cardíaco que poderá ter associado três factores. Após o sujeito tossir, a sua pulsação desceu momentaneamente, no entanto irá subir devido ao estado de desconforto em que o sujeito se encontra. Acrescida a essa subida do ritmo cardíaco está um outro motivo, no instante 1 min 37 seg o sujeito movimenta o braço durante aproximadamente dois a 3 segundo, o que inevitavelmente leva a um aumento ainda superior do ritmo cardíaco. E por fim, durante o intervalo de tempo referido as imagens apresentadas induzem alegria, o que se pode traduzir num aumento do ritmo cardíaco. Desta forma é compreensível a existência do maior pico do ritmo cardíaco do sujeito que atinge o valor de 93 bpm (batimentos por minuto). Seguidamente existe um relaxamento do sujeito e uma diminuição do ritmo cardíaco, tornando-se aproximadamente constante. As outras grandes oscilações representadas no gráfico são justificáveis pelos vários movimentos que o sujeito efectuou durante a sessão experimental.
- A colocação dos eléctrodos foi semelhante à sessão experimental anterior para que seja possível haver uma correcta análise e validação dos dados.
- Relativamente à interpretação das ondas cerebrais captadas, não houve nem registo adicional a ser referido relativamente à sessão anterior.
- No final da sessão experimental, o sujeito referiu que partes das imagens correspondentes à estimulação do estado emocional de alegria foram pouco emotivas e expressivas pelo que não causaram a reacção esperada. Apesar de esta informação ser importante visto partir do sujeito testado, não leva a uma decisão conclusiva porque o estudo ainda se encontra numa fase inicial. Para além disso, cada pessoa reage de modo diferente às imagens apresentadas, a apesar do sujeito indicar que as imagens não lhe causaram muita alegria, induziram-no no estado emocional correcto apesar de com menor ênfase.

Conclusão:

A partir desta sessão experimental conclui-se que é necessário introduzir novos dados no texto introdutório apresentado ao sujeito antes do início da sessão experimental. Esses dados deverão conter a informação necessária para indicar ao sujeito que durante a sessão experimental deverá manter-se o mais imóvel possível e concentrar-se ao máximo, evitando divagar por outros pensamentos que não os directamente relacionados com as imagens apresentada, com o objectivo de tornar a interpretação das emoções as mais realísticas possíveis.

A variação do batimento cardíaco registada ao longo do sujeito, ainda que numa fase preliminar, poderá estar a permitir associar imagens alegres com o batimento cardíaco mais elevado e imagens tristes com o batimento cardíaco mais lento.

A interpretação das ondas cerebrais não foi suficientemente clara para se poder retirar qualquer conclusão válida. No entanto, e como já referido, terão de ser realizadas mais sessões experimentais para que a comparação dos dados seja facilitada, e a qualidade dos resultados obtidos mais fiável.

Sessão Experimental 4

Descrição da experiência
Sessão: 4
Data : 16-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo • Nome: Vasco Moreira • Função: Orientador
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 04 • Idade: 24 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 13 h 30 min • Período de repouso: 60 segundos • Início da apresentação das imagens: 13 h 31 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 13 h 37 min 18 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 6 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • Ao fim do primeiro minuto houve um aumento brusco do ruído exterior o que obrigou à movimentação do Vasco para fechar a janela. • O sujeito esteve praticamente imóvel durante toda a sessão. • Declarou que não se apercebeu de qualquer ruído durante a sessão. • No final da sessão o sujeito afirmou que se sentiu um pouco sonolento no final da sessão (deve-se ter em conta o facto de que a sessão foi realizada após a hora do almoço). • Segundo o sujeito as imagens induziram os estados emocionais pretendidos.
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 5

Descrição da experiência	
Sessão: 5	
Data : 16-Out-2007	
Local:	<ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes:	<ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo • Nome: Vasco Moreira • Função: Orientador
Sujeito:	<ul style="list-style-type: none"> • Código: 05 • Idade: 23 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão:	<ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 13 h 38 min • Período de repouso: 60 segundos • Início da apresentação das imagens: 13 h 39 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 13 h 45 min 17 seg
Observações:	<ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 7 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • Algumas das imagens referentes à alegria induziram correctamente o sujeito e este sorriu aquando da apresentação das mesmas. • No final da sessão referiu essas mesmas imagens, que o induziram em alegria. • Afirmou que algumas imagens causaram um sentimento de choque ao contrário da tristeza pretendida, nomeadamente a mulher com o olho negro (53) e os bombeiros (43). • Referiu ainda que as imagens relativas ao patamar de tristeza o induziram de uma forma pouco significativa. As crianças com fome não causaram tristeza talvez devido à própria defesa do organismo criada contra as constantes notícias mundiais sobre o tema. Sugeriu mais imagens de sofrimento animal para induzirem tristeza.
Revisto/Aprovado por:	

Sessão Experimental 6

Descrição da experiência
Sessão: 6
Data : 18-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I120, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 06 • Idade: 23 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 8 h 53 min • Período de repouso: 60 segundos • Início da apresentação das imagens: 8 h 54 min 15 seg • Fim da apresentação das imagens: 9 h 01 min 05 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 2 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • Ao minuto 2, de durante aproximadamente um minuto, existiram muitas distrações por parte do sujeito devido à entrada em funcionamento da protecção do ecrã onde estavam a ser apresentadas as imagens. • A porta bateu e causou um pequeno susto no sujeito no minuto 4min 55seg • A protecção de ecrã entrou novamente em funcionamento no minuto 5min 15seg o que novamente causou alguma distração ao sujeito. • No final da sessão referiu essas mesmas imagens o induziram em alegria e tristeza nos momentos certos, confirmando a correcta indução das emoções. • Das imagens apresentadas, as que mais se realçaram e induziram o sujeito num determinado estado emocional foram o carro para a alegria e as crianças com fome na tristeza. • Referiu ainda que algumas das imagens referentes ao estado emocional de tristeza deixaram-no incomodado.
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 7

Descrição da experiência
Sessão: 7
Data : 18-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo • • Nome: Vasco Moreira • Função: Orientador
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 07 • Idade: 24 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 10 h 34 min • Período de repouso: 60 segundos • Início da apresentação das imagens: 10 h 36 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 10 h 42 min 20 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 8 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • Ao minuto 1min 27seg movimentou o braço esquerdo. • Um movimento respiratório longo e profundo no minuto 2min 0 seg causou um pico na onda Gama. • O sujeito sugeriu que a sala deveria estar mais escura e a mesa virada para a parede com o objectivo de evitar ao máximo distrações de objectos circundantes. • Durante a sessão experimental o sujeito sentiu-se um pouco constrangido e esteve bastante concentrado. • Referiu ainda que uma das imagens mais marcantes foi o carro acidentado visto ter-lhe ocorrido uma situação semelhante à pouco tempo.
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 8

Descrição da experiência	
Sessão: 8	
Data : 18-Out-2007	
Local:	<ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes:	<ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo • Nome: Vasco Moreira • Função: Orientador
Sujeito:	<ul style="list-style-type: none"> • Código: 08 • Idade: 24 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão:	<ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 14 h 21 min • Período de repouso: 60 segundos • Início da apresentação das imagens: 14 h 23 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 14 h 29 min 30 seg
Observações:	<ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 3 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • O início da captação do batimento cardíaco ocorreu 7 segundo após a captação da actividade cerebral. • No final da sessão o sujeito referiu que a indução das emoções foi de acordo com o esperado visto que inicialmente se sentiu alegre e no final da sessão esteve triste. • As imagens que salientou de toda a sessão foram as crianças com fome, os bombeiros a salvarem uma mulher das chamas e as moscas na cara de uma criança. • Relativamente à sessão na globalidade, considerou-a um pouco monótona. • Sentiu-se mais distraído no início da sessão. Com a apresentação das imagens neutras e de tristeza a sua concentração foi aumentando.
Revisto/Aprovado por:	

Sessão Experimental 9

Descrição da experiência
Sessão: 9
Data : 22-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 09 • Idade: 24 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 15 h 08 min • Período de repouso: 60 segundos • Início da apresentação das imagens: 15 h 09 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 13 h 15 min 23 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 4 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • O início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu 15 segundo após o início dos dados do EEG • Durante a sessão experimental o sujeito sorriu aquando a apresentação de uma imagem no 1m50seg e 4m05seg. Mexeu-se aos 2m23seg registando-se umas oscilação mais forte que o normal nas ondas cerebrais, e houve barulho exterior em 3m50seg e 4m51seg dos quais o sujeito não se apercebeu. • As imagens mais marcantes para o sujeito foram os corpos e as crianças a chorarem. • O sujeito afirmou que as imagens apresentadas o induziram num estado emocional diferente daquele em que se encontrava previamente à essa mesma apresentação, e que se sentiu tranquilo ao longo de toda a sessão experimental.
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 10

Descrição da experiência
Sessão: 10
Data : 22-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 10 • Idade: 25 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 15 h 59 min • Período de repouso: 60 segundos • Início da apresentação das imagens: 16 h 00 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 16 h 06 min 17 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 5 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • O início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu 10 segundo após o início dos dados do EEG • Durante a sessão experimental o sujeito sorriu aquando a apresentação da imagem com golfinhos, com o urso e a imagem do carro. Não houve movimentos ou barulhos exteriores a registar durante esta sessão experimental. • As imagens mais marcantes para o sujeito foram, relativamente à alegria, as que se relacionaram com animais, e no que consente à tristeza o pato coberto de petróleo e a criança a fugir do soldado. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental. Referiu ainda que foi mais afectado pela imagens de alegria que tristeza, pois estas últimas são muito frequentes nos noticiários. • Como conclusão, indicou que durante a sessão se distraiu com o meio envolvente e sugeriu o uso de óculos de realidade virtual afim de evitar quaisquer tipos de interferências com o meio exterior.
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 11

Descrição da experiência
Sessão: 11
Data : 22-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 11 • Idade: 23 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 16 h 20 min • Período de repouso: 60 segundos • Início da apresentação das imagens: 16 h 21 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 16 h 27 min 15 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 6 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • O início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu 11 segundo após o início dos dados do EEG • Durante a sessão experimental ocorreu um pico de grande amplitude que se propagou em todas as gamas de ondas cerebrais e que se deveu à necessidade de fechar a porta do gabinete e desconcentrar assim o sujeito. Os ruídos exteriores mais notórios ocorreram aos 0min44seg e 5m10seg. • As imagens mais marcantes para o sujeito foram, relativamente à alegria, as que se relacionaram com animais (os bebés foram pouco influenciadores), e no que concerne à tristeza imagens de guerra. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental. Referiu ainda que na parte final da sessão notou um sentimento de pena em detrimento da tristeza pretendida e que a indução emocional foi mais forte na primeira parte da sessão. • Por fim, o sujeito sugeriu que o local onde a sessão experimental foi realizada deveria ser mais escuro e mais isolado do ruído.
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 12

Descrição da experiência
Sessão: 12
Data : 23-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 12 • Idade: 25 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 14 h 10 min • Período de repouso: 120 segundos • Início da apresentação das imagens: 14 h 12 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 14 h 18 min 13 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 6 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • O início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu imediatamente após o início da captação dos dados do EEG. • Os ruídos exteriores mais notórios ocorreram aos 3min15seg e 5m25seg. • O sujeito tem epilepsia. • No final da sessão o sujeito referiu que não se sentiu cansado durante a apresentação das imagens e que a sua concentração manteve-se constante ao longo da sessão. No entanto notou a ocorrência de barulho exterior. • As imagens mais marcantes mencionadas pelo sujeito foram, para alegria os animais e para a tristeza a criança ao colo do soldado. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental. Referiu ainda que a indução de um comportamento emocional que não o neutro foi mais eficiente para a alegria do que para a tristeza. • Por fim, afirmou que as imagens relativas à tristeza tiveram pouca influência na alteração do seu estado emocional, e sugeriu a inclusão de imagens relacionadas com o holocausto por exemplo.
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 13

Descrição da experiência
Sessão: 13
Data : 23-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 13 • Idade: 24 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 16 h 13 min • Período de repouso: 120 segundos • Início da apresentação das imagens: 16 h 14 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 14 h 20 min 15 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 7 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • O início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu 5 segundos após o início da captação dos dados do EEG. • Os distúrbios mais relevantes ocorridos durante a sessão experimental registaram-se aos 30seg (o sujeito falou), aos 1min50seg e 5min55seg (barulho exterior) e aos 2min50seg e 4min48seg (o sujeito engoliu) e causou um pico nas ondas Gama e Beta. • No final da sessão o sujeito referiu que a sua concentração oscilou um pouco durante a sessão, recordando-se apenas da ocorrência de barulho exterior aos 5min55seg. • As imagens mais marcantes mencionadas pelo sujeito foram as crianças a chorar e o bombeiro a salvar a mulher, referindo ainda que ficou mais emocionado com as imagens de tristeza do que com as de alegria. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental. • Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade quer à temperatura e ruídos externos.
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 14

Descrição da experiência
Sessão: 14
Data : 27-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 14 • Idade: 24 anos • Sexo: Mulher • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 10 h 15 min • Período de repouso: 120 segundos • Início da apresentação das imagens: 16 h 17 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 14 h 24 min 15 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 5 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • O início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu 6 segundos após o início da captação dos dados do EEG. • Não foram registados quaisquer distúrbios durante a sessão experimental. • Durante diversas imagens cuja afectividade era elevada, o sujeito exteriorizou o seu estado emocional com um sorriso. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes. • As imagens mais marcantes mencionadas pelo sujeito foram as crianças a chorar com moscas na cara pelo lado negativo, e o <i>kayak</i> pelo lado positivo, referindo ainda que ficou mais emocionado com as imagens de tristeza do que com as de alegria. • Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade quer à temperatura e ruídos externos, sugerindo ainda a inclusão de mais imagens com animais bebés.
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 15

Descrição da experiência
Sessão: 15
Data : 23-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 15 • Idade: 24 anos • Sexo: Mulher • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 17 h 03 min • Período de repouso: 160 segundos • Início da apresentação das imagens: 17 h 06 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 14 h 24 min 15 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 5 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • O início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu 11 segundos após o início da captação dos dados do EEG. • O período de repouso foi estendido para 160 segundos porque o sujeito encontrava-se cansado e o ritmo cardíaco estava acelerado. • Foram registados alguns distúrbios durante a sessão experimental, nomeadamente barulho exterior aos 2m05seg, movimentos por parte do sujeito aos 2m27seg, 5min40seg e 5min57seg e o sujeito engoliu aos 3m29seg, causando um pico nas ondas cerebrais. • O sujeito não se apercebeu de qualquer ruído ou distração e esteve concentrado durante toda a sessão. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, mas referiu no entanto que foi pouco influenciado pelas imagens, o que leva a concluir que a indução de emoções não foi bem sucedida. • As imagens mais marcantes mencionadas pelo sujeito foram as crianças a chorar com moscas na cara pelo lado negativo, e os pais a brincarem com a criança pelo lado positivo, referindo ainda que ficou mais emocionado com as imagens de tristeza do que com as de alegria. • Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade quer à temperatura e ruídos externos.
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 16

Descrição da experiência	
Sessão: 16	
Data : 30-Out-2007	
Local:	<ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes:	<ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito:	<ul style="list-style-type: none"> • Código: 16 • Idade: 28 anos • Sexo: Mulher • Destro
Durações temporais da sessão:	<ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 17 h 54 min • Período de repouso: 120 segundos • Início da apresentação das imagens: 17 h 56 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 18 h 03 min 15 seg
Observações:	<ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 1 segundos após o início da captação da actividade cerebral. • O início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu 24 segundos após o início da captação dos dados do EEG. • Durante o início da sessão o slide show não sofreu um pequeno atraso, razão pela qual o início da captação dos dados do oxímetro foi atrasado. • Foram registados apenas dois momentos em que ocorreram distúrbios durante a sessão experimental aos 43seg o sujeito mexeu-se e aos 43seg engoliu, causando uma forte variação da amplitude das ondas cerebrais. • O sujeito não se apercebeu de qualquer ruído ou distração dos atrás mencionados, referindo apenas que ouviu ruído proveniente do PC usado para apresentação das imagens. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução emocional foi mais eficiente na fase da tristeza. • As imagens mais marcantes mencionadas pelo sujeito foram os animais pelo lado positivo, algumas imagens da zona neutra que não compreendeu a sua apresentação, e ainda as crianças, a guerra e a fome pelo lado negativo, referindo ainda que ficou mais emocionado com as imagens de tristeza do que com as de alegria. • Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão

experimental, quer relativamente à luminosidade quer a ruídos externos. A temperatura da sala estava um pouco alta mas não influenciou o decorrer da sessão experimental ou os resultados obtidos.

Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 17

Descrição da experiência
Sessão: 17
Data : 30-Out-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade em boas condições
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 17 • Idade: 30 anos • Sexo: Mulher • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 18 h 40 min • Período de repouso: 120 segundos • Início da apresentação das imagens: 18 h 42 min 00 seg • Fim da apresentação das imagens: 18 h 49 min 38 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 35 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu 1m09seg após o início da captação dos dados do EEG. • Foram registados apenas um momento em que ocorreram distúrbios durante a sessão experimental aos 4min20seg o sujeito mexeu-se causando uma forte variação da amplitude das ondas cerebrais. • O sujeito não se apercebeu de qualquer ruído ou distração dos atrás mencionados, referindo apenas que ouviu ruído proveniente do PC usado para apresentação das imagens. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental. • Durante a sessão experimental o sujeito tentou associar as imagens a experiências vividas, e essa associação ocorreu essencialmente para as imagens alegres e neutras. Para as imagens tristes, o esforço natural que ocorreu para as associar a vivências não aconteceu. • Das imagens mais relevantes, referiu as crianças e animais durante a zona alegre, e a guerra e crianças com fome na zona mais triste. • Considerou que a indução das emoções foi mais eficaz na zona da alegria, tornando o sujeito mais alegre do que triste, essencialmente porque é muito comum a apresentação de imagens de guerra e crianças com fome na televisão, levando a própria pessoa a criar uma

defesa pessoal contra esse tipo de acontecimentos.

- **Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos.**

Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 18

Descrição da experiência
Sessão: 18
Data : 2-Nov-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade ok; noite
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 18 • Idade: 28 anos • Sexo: Mulher • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 17 h 45 min • Período de repouso: 120 segundos • Duração total da sessão do EEG: 6 min 06 seg • Duração total da sessão do oxímetro: 6 min 07 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 0 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu 1seg após o início da captação dos dados do EEG. • Foram registados apenas dois momentos em que ocorreram distúrbios durante a sessão experimental aos 3min54seg e aos 6min3seg o sujeito mexeu-se causando uma forte variação da amplitude das ondas cerebrais. • O sujeito não se apercebeu de qualquer ruído ou distração dos atrás mencionados. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental. • Referiu que a parte inicial da apresentação teve uma influência muito reduzida na indução de emoções, mas no entanto a parte final correspondeu às expectativas, pelo que o sujeito, no geral, ficou mais triste que alegre. • Das imagens mais relevantes, referiu as crianças na zona alegre, e a última imagem na zona mais triste. • Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos.
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 19

Descrição da experiência	
Sessão: 19	
Data : 2-Nov-2007	
Local:	<ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade ok; noite
Intervenientes:	<ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito:	<ul style="list-style-type: none"> • Código: 19 • Idade: 27 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão:	<ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 18 h 05 min • Período de repouso: 120 segundos • Duração total da sessão do EEG: 6 min 06 seg • Duração total da sessão do oxímetro: 6 min 07 seg
Observações:	<ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 1 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu 2seg após o início da captação dos dados do EEG. • Foram registados apenas dois momentos em que ocorreram distúrbios durante a sessão experimental aos 24seg e aos 45seg. • O sujeito apenas se apercebeu do ruído causado aos 45seg, não afectando no entanto a sua concentração, que se manteve constante ao longo de toda a sessão. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental. • Referiu que a parte final da apresentação foi a que o induziu mais num estado emocional diferente, pelo que o sujeito, no geral, ficou mais triste que alegre. • As imagens mais relevantes mencionadas pelo sujeito recaíram essencialmente sobre as da zona da tristeza. • Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos.
Revisto/Aprovado por:	

Sessão Experimental 20

Descrição da experiência	
Sessão: 20	
Data : 5-Nov-2007	
Local:	<ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Temperatura, som e luminosidade ok; noite
Intervenientes:	<ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito:	<ul style="list-style-type: none"> • Código: 20 • Idade: 25 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão:	<ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 14 h 19 min • Período de repouso: 120 segundos • Duração total da sessão do EEG: 6 min 34 seg • Duração total da sessão do oxímetro: 6 min 35 seg
Observações:	<ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 22 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu 26 seg após o início da captação dos dados do EEG. • Foram registados alguns momentos em que ocorreram distúrbios durante a sessão experimental, nomeadamente aos 1m55seg em que se mexeu, aos 3m12seg e aos 3m40seg quando se registaram ruídos. • O sujeito apenas se apercebeu do ruído causado aos 3m12seg. No que respeita à concentração, esteve bastante concentrado excepto na zona neutra. Referiu ainda que não se distraiu com o meio ambiente. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental. • Referiu que a parte final da apresentação foi a que o induziu mais num estado emocional diferente, pelo que o sujeito, no geral, ficou mais triste que alegre. • As imagens mais relevantes mencionadas pelo sujeito foram a criança com as moscas para a parte triste e o campo com flores e os animais referente à parte alegre. • Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos.
Revisto/Aprovado por:	

Sessão Experimental 21

Descrição da experiência
Sessão: 21
Data : 7-Nov-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Calor; Som e luminosidade ok
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo • Nome: Vasco Moreira • Função: Orientador
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 21 • Idade: 25 anos • Sexo: Mulher • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 15 h 50 min • Período de repouso: 120 segundos • Duração total da sessão do EEG: 6 min 18 seg • Duração total da sessão do oxímetro e GSR: 6 min 20 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 1 minuto e 35 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro ocorreu no mesmo instante do início da captação dos dados do EEG. • Esta foi a primeira sessão onde se usou o GSR. Correu de acordo com o esperado, havendo uma diminuição da resistência na zona alegre e triste, o que indica uma alteração do estado emocional. Na zona neutra a resistência aumentou. • Foram registados apenas dois momentos em que ocorreram distúrbios durante a sessão experimental, aos 5m30seg em que se mexeu, aos 7m12seg quando o sujeito se movimentou. Dado que o início da sessão não coincidiu com o início da apresentação das imagens, a sessão com informação útil teve início 1m35seg após o começo da gravação dos dados. • O sujeito não se apercebeu de qualquer ruído durante a apresentação das imagens e esteve bastante concentrado durante toda a sessão, em especial da parte final. Referiu ainda que não se distraiu com o meio ambiente. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental.

- **Referiu que a parte final da apresentação foi a que o induziu mais num estado emocional diferente, pelo que o sujeito, no geral, ficou mais triste que alegre.**
- **As imagens mais relevantes mencionadas pelo sujeito foram a criança queimada, a criança magra e os bombeiros, e no tocante à alegria os animais e as crianças no geral.**
- **Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos.**

Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 22

Descrição da experiência	
Sessão: 22	
Data : 8-Nov-2007	
Local:	<ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Calor; Som e luminosidade ok
Intervenientes:	<ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito:	<ul style="list-style-type: none"> • Código: 22 • Idade: 26 anos • Sexo: Mulher • Destro
Durações temporais da sessão:	<ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 19 h 42 min • Período de repouso: 120 segundos • Duração total da sessão do EEG: 6 min 08 seg • Duração total da sessão do oxímetro e GSR: 5 min 58 seg
Observações:	<ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 8 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro e do GSR ocorreram 10 segundo depois do início da captação dos dados do EEG. • Os resultados obtidos a partir do GSR não surtiram os valores esperados, dado que o aumento da resistência foi constante ao longo de toda a sessão, sem qualquer influência aparente como resultado da indução de um estado emocional. No entanto os resultados são ainda preliminares e provisórios dado que se trata da segunda sessão experimental realizada com o dispositivo referido. • Foi apenas registado um momento em que ocorreu distúrbios durante a sessão experimental, aos 5m08seg em que o sujeito engoliu causando uma variação brusca da amplitude de todas as ondas cerebrais. • O sujeito não se apercebeu de qualquer ruído durante a apresentação das imagens e esteve bastante concentrado durante toda a sessão. Referiu ainda que não se distraiu com o meio ambiente. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental. • Referiu que a parte final da apresentação foi a que o induziu mais num estado emocional diferente, pelo que o sujeito, no geral, ficou mais triste que alegre.

- **As imagens mais relevantes mencionadas pelo sujeito foram a criança com moscas relativamente à parte negativa, e no tocante à alegria os bebés.**
- **Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos.**

Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 23

Descrição da experiência
Sessão: 23
Data : 16-Nov-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Calor; Som e luminosidade ok
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 23 • Idade: 18 anos • Sexo: Mulher • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 10 h 20 min • Período de repouso: 120 segundos • Duração total da sessão do EEG: 6 min 20 seg • Duração total da sessão do oxímetro e GSR: 6 min 10 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 4 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro e do GSR ocorreram 8 e 10 segundo respectivamente depois do início da captação dos dados do EEG. • Foram registados vários momentos em que ocorreram distúrbios durante a sessão experimental, nomeadamente movimento por parte do sujeito ao 1m02seg, 2m10seg, 3m08seg 3m52seg e 4m35seg. • O sujeito não se apercebeu de qualquer ruído durante a apresentação das imagens e esteve bastante concentrado durante toda a sessão. Referiu ainda que não se distraiu com o meio ambiente. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental. • Referiu que a parte final da apresentação foi a que o induziu mais num estado emocional diferente, pelo que o sujeito, no geral, ficou mais triste que alegre. • A imagem mais relevante referida pelo sujeito foi a rapariga muito magra na parte negativa da sessão. • Relativamente aos resultados obtidos através do GSR, o sujeito apresentou uma variação da resistência muito baixa ao longo de toda a sessão, motivada pelo facto da existência de suor constante nas palmas das mãos.

- **Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos e acrescentou ainda que as imagens finais foram bastante tristes.**

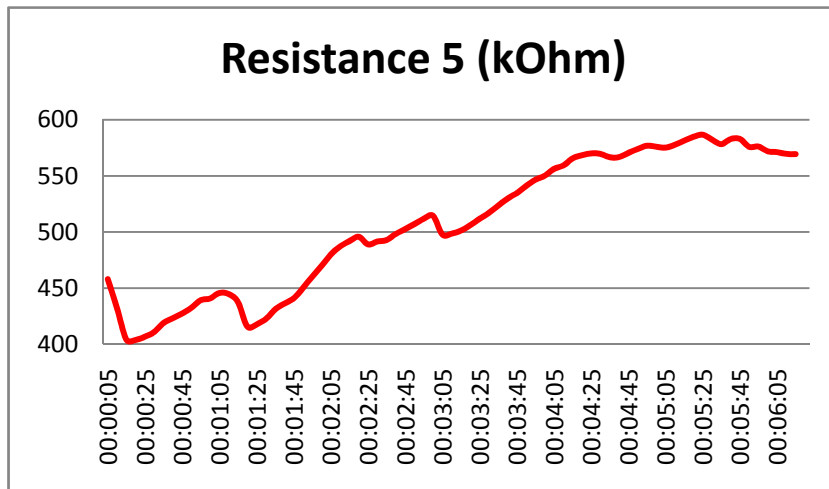
Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 24

Descrição da experiência
Sessão: 24
Data : 16-Nov-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Calor; Som e luminosidade ok
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 24 • Idade: 29 anos • Sexo: Mulher • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 10 h 42 min • Período de repouso: 120 segundos • Duração total da sessão do EEG: 6 min 20 seg • Duração total da sessão do oxímetro e GSR: 6 min 10 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 6 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro e do GSR ocorreram 8 e 10 segundo respectivamente depois do início da captação dos dados do EEG. • Apenas se registou um momento durante a apresentação das imagens que causou uma grande oscilação e variação da actividade cerebral, e que ocorreu aos 4min08seg derivado de um movimento do sujeito. • O sujeito não se apercebeu de qualquer ruído durante a apresentação das imagens e esteve bastante concentrado durante toda a sessão. Referiu ainda que não se distraiu com o meio ambiente mas que se apresentou um pouco cansado ao longo da apresentação das imagens. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental. • Referiu que a parte final da apresentação foi a que o induziu mais num estado emocional diferente, pelo que o sujeito, no geral, ficou mais triste que alegre. • Considerou o terceiro patamar muito triste e em algumas ocasiões tentou desviar o olhar das imagens. • As imagens mais marcantes ao longo da sessão foram relativamente ao patamar da alegria os animais e os bebés, e no que respeita ao patamar da tristeza, o bombeiro a transportar a

mulher e o soldado a proteger a criança.

- Relativamente aos resultados obtidos através do GSR, estes foram em parte de acordo com os valores esperados. A transição do patamar de alegria para o neutro correspondeu a um aumento da resistência da pele, visto que o sujeito deixa de estar num estado emocional que o induz em alegria para passar a um estado sem qualquer tipo de excitação. A passagem para o estado de tristeza teve um ligeiro aumento da resistência, contudo aproximadamente a meio deste mesmo patamar este valor deixou de subir, passando a manter-se constante e no final descer. Este resultado indica que o estado emocional do sujeito alterou-se de tal forma que o valor da resistência diminuiu, consequência directa da reacção espontânea e inata à visualização e processamento das imagens tristes.



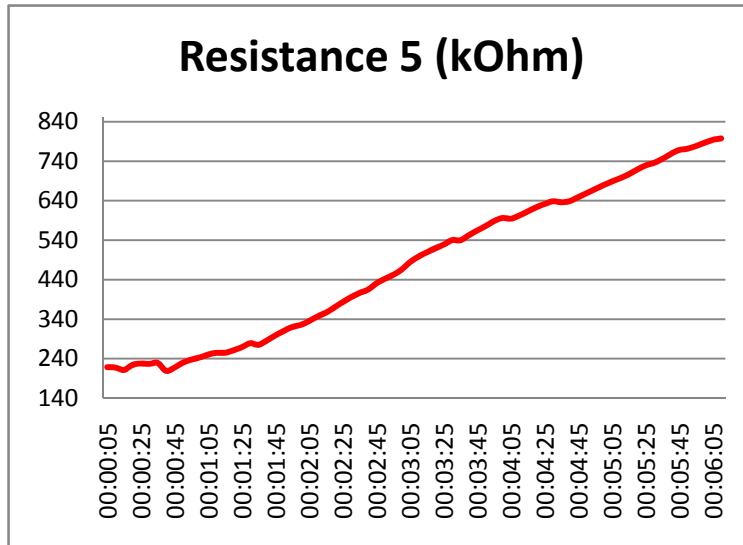
- Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos.

Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 25

Descrição da experiência
Sessão: 25
Data : 16-Nov-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Calor; Som e luminosidade ok
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 25 • Idade: 24 anos • Sexo: Mulher • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 19 h 32 min • Período de repouso: 120 segundos • Duração total da sessão do EEG: 6 min 23 seg • Duração total da sessão do oxímetro e GSR: 6 min 05 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 14 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro e do GSR ocorreram 20 segundo depois do início da captação dos dados do EEG. • Apenas se registaram dois momentos durante a apresentação das imagens que causaram uma grande oscilação e variação da actividade cerebral, e que ocorreram aos 2min30seg e 4m35seg derivados a um ruído proveniente do exterior da sala. • O sujeito apercebeu-se do ruído exterior aos 4m35seg, mas afirmou no entanto que esteve bastante concentrado durante toda a sessão. Referiu ainda que não se distraiu com o meio ambiente. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental. • Afirmou ainda ter reconhecido uma fase de “transição” entre as imagens alegres e tristes. • Referiu que a parte final da apresentação foi a que o induziu mais num estado emocional diferente, pelo que o sujeito, no geral, ficou mais triste que alegre. • As imagens mais marcantes ao longo da sessão foram a criança com moscas e o velhinho a acompanhar a mulher no hospital.

- **Relativamente aos resultados obtidos através do GSR, a parte inicial da sessão apresentou um valor constante para a resistência, e seguidamente um aumento constante até ao final da sessão, causado muito provavelmente por uma progressiva desconexão parcial dos eléctrodos visto que o valor final é muito elevado comparativamente ao inicial.**



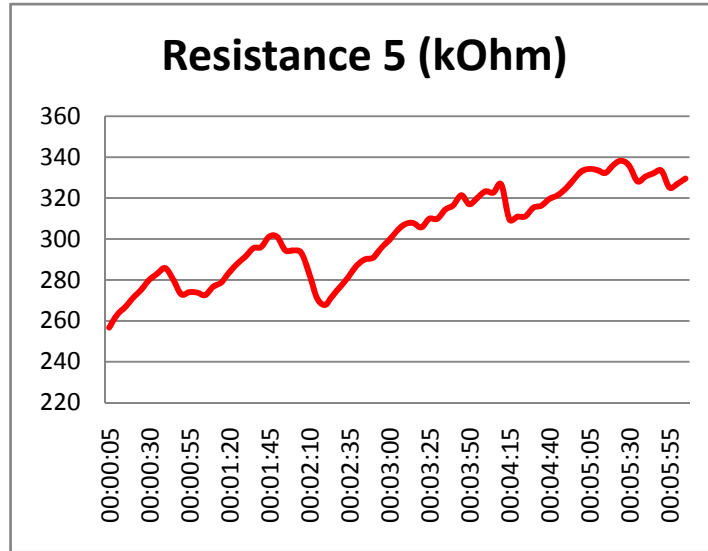
- **Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos.**

Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 26

Descrição da experiência
Sessão: 26
Data : 16-Nov-2007
Local: <ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Calor; Som e luminosidade ok
Intervenientes: <ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito: <ul style="list-style-type: none"> • Código: 26 • Idade: 28 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão: <ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 19 h 54 min • Período de repouso: 120 segundos • Duração total da sessão do EEG: 6 min 18 seg • Duração total da sessão do oxímetro e GSR: 6 min 10 seg
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 5 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro e do GSR ocorreram 6 e 15 segundos respectivamente depois do início da captação dos dados do EEG. • Durante a apresentação das imagens apenas foi registado um momento que alterou de forma anormal o padrão das ondas cerebrais captadas, e que ocorreu aos 3m30seg devido a um movimento do sujeito. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental, referindo no entanto que algumas das imagens não o induziram em alegria / tristeza. • O nível de concentração manteve-se constante e elevado durante toda a sessão experimental. • Muitas das imagens tristes apresentadas não causaram qualquer indução emocional no sujeito visto que este as considerou imagens do dia-a-dia. Desta forma, considerou que a indução de um estado emocional diferente do neutro foi mais eficiente para a alegria do que para a tristeza. • As imagens mais marcantes ao longo da sessão foram a criança com moscas relativamente à parte triste, e os animais e bebés relativamente à parte alegre. • Relativamente aos resultados obtidos através do GSR, estes foram ao encontro do

esperado. Nota-se uma descida bastante acentuada do valor da resistência aquando do início de cada nova parte da sessão experimental, seguida de uma evolução praticamente constante para a zona neutra e uma diminuição na zona final da tristeza.



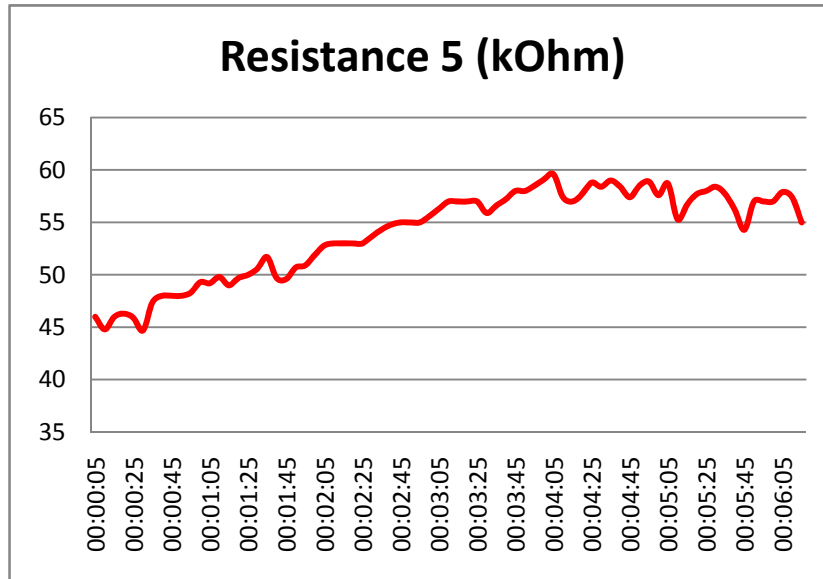
- Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos.

Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 27

Descrição da experiência	
Sessão: 27	
Data : 17-Nov-2007	
Local:	<ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Calor; Som e luminosidade ok
Intervenientes:	<ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito:	<ul style="list-style-type: none"> • Código: 27 • Idade: 29 anos • Sexo: Homem • Destro
Durações temporais da sessão:	<ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 15 h 03 min • Período de repouso: 120 segundos • Duração total da sessão do EEG: 6 min 20 seg • Duração total da sessão do oxímetro e GSR: 5 min 55 seg
Observações:	<ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 10 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro e do GSR ocorreram 12 e 14 segundos respectivamente depois do início da captação dos dados do EEG. • No início da sessão experimental o sujeito afirmou sentir-se cansado, e movimentou-se várias vezes durante a apresentação, o que resultou numa distribuição da actividade cerebral com diversos “picos”, registados aos 1m02seg, 1m42seg, 3m30seg, 4m11seg, 5m05seg e 6m10seg. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental. • O nível de concentração manteve-se constante e elevado durante toda a sessão experimental. • As imagens mais marcantes ao longo da sessão foram a criança com moscas e o homem a transportar uma criança relativamente à parte triste, e o carro relativamente à parte alegre. • Considerou que a indução de um estado emocional distinto do neutro foi mais eficiente para a tristeza. • Relativamente aos resultados obtidos através do GSR, verificou-se que o sujeito teve constantemente a palma da mão suada, o que resultou num baixo valor da resistência acompanhado de uma variação também baixa ao longo da sessão. Contudo, foi notória a

alteração do comportamento e do valor da resistência aquando a apresentação das imagens tristes. A partir do minuto quatro (início das zona de tristeza) a evolução constante e crescente da resistência é agora alterada para uma evolução constante e mesmo decrescente no final da zona triste, o que indica claramente uma alteração do estado emocional com a apresentação das referidas imagens tristes.



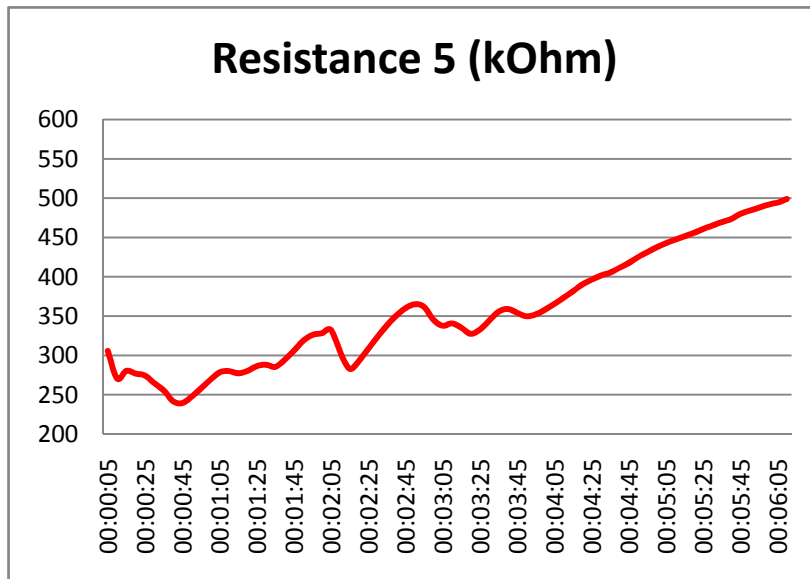
- Por fim, considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos.

Revisto/Aprovado por:

Sessão Experimental 28

Descrição da experiência	
Sessão: 28	
Data : 17-Nov-2007	
Local:	<ul style="list-style-type: none"> • Instituição / outros: Gabinete I020, DEEC – FEUP • Morada: Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto • Contacto: 22 508 14 00 (Geral) • Condições de temperatura, som e luminosidade: Calor; Som e luminosidade ok
Intervenientes:	<ul style="list-style-type: none"> • Nome: Jorge Filipe Teixeira • Função: Autor do estudo
Sujeito:	<ul style="list-style-type: none"> • Código: 27 • Idade: 25 anos • Sexo: Mulher • Destro
Durações temporais da sessão:	<ul style="list-style-type: none"> • Início da sessão: 15 h 21 min • Período de repouso: 120 segundos • Duração total da sessão do EEG: 6 min 20 seg • Duração total da sessão do oxímetro e GSR: 6 min 05 seg
Observações:	<ul style="list-style-type: none"> • A primeira imagem foi apresentada 10 segundos após o início da captação da actividade cerebral e o início da recolha de dados através do oxímetro e do GSR ocorreram 11 e 12 segundos respectivamente depois do início da captação dos dados do EEG. • O comportamento padrão das ondas cerebrais foi apenas interrompido em dois momentos distintos aquando de um movimento por parte do sujeito e um barulho exterior, registados aos 2m08seg e 3m20seg respectivamente. O sujeito apercebeu-se do ruído aos 3m20seg. • O sujeito afirmou que compreendeu a existência de três patamares distintos ao longo da sessão experimental que variaram com a apresentação de imagens alegres, neutras e tristes, e referiu ainda que a indução das imagens foi efectivamente verificada, cumprindo assim o objectivo primordial desta sessão experimental. • O nível de concentração manteve-se constante e elevado durante toda a sessão experimental. • As imagens mais marcantes ao longo da sessão foram a rapariga magra relativamente à parte triste, e o pai com o filho relativamente à parte alegre. • Considerou que a indução de um estado emocional distinto do neutro foi mais eficiente para a tristeza. • Relativamente aos resultados obtidos através do GSR, estes foram em parte conclusivos. A parte inicial da sessão mostra que o sujeito estava num estado emocional induzido antes de entrar na zona neutra da sessão, visto o valor médio da resistência para a primeira parte da sessão ser inferior ao da zona neutra. Relativamente à última parte, não se esperaria um

aumento uniforme até ao final da sessão, e esta variação do padrão esperado poderá estar relacionada com o deslocamento do eléctrodo, visto que inicialmente ocorreram picos e oscilações na evolução deste valor, mas na parte final a evolução é constante e sem qualquer variação evidente, com o valor final (500kOhm) muito superior ao inicial (300kOhm) ou mesmo ao da zona neutra (350kOhm).



- Por fim, o sujeito considerou o meio ambiente onde se encontrava propício à realização da sessão experimental, quer relativamente à luminosidade, à temperatura e a ruídos externos.

Revisto/Aprovado por: