



CATÓLICA
ESCOLA DAS ARTES

PORTO

BATIMENTOS BINAURAIS E
TONS ISOCRÓNICOS:
DAS CARACTERÍSTICAS AOS EFEITOS

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Som e Imagem

- Especialização em –
Design de Som

Paulo Oliveira Ferraz de Lacerda

Trabalho efetuado sob a orientação do

Prof. Doutor Andre Venturoti Perrotta

Porto, julho de 2018

À minha família, presente e ausente.

Aos meus amigos chegados.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador pelo precioso apoio prestado ao longo do desenvolvimento desta dissertação. Por entre acelerações e travagens, curvas e linhas retas, chegamos ao destino.

Agradeço ao grupo de participantes na experiência prática efetuada. Sem a vossa colaboração, este trabalho não teria tido condições de ser realizado.

Agradeço aos amigos, colegas e professores que, durante a elaboração do trabalho, partilharam comigo uma opinião construtiva.

Agradeço, por último e em especial, à minha família. O vosso apoio prestado agora e ao longo da vida não tem preço.

Resumo

A presente dissertação centra-se na exploração de dois fenómenos: batimentos binaurais e tons isocrónicos. Estudos científicos sugerem a existência de um potencial terapêutico promissor nestes fenómenos pela sua influência sobre frequências específicas das ondas cerebrais. Como tal, através da realização de um estudo exploratório, foi procurado clarificar as características necessárias de um estímulo auditivo desta categoria para desencadear efeitos específicos no ouvinte.

Foram dadas ferramentas a um grupo de 30 sujeitos para gerarem estímulos auditivos como os acima descritos com base em dois objetivos: através da escuta, alcançar um efeito subjetivamente calmante num primeiro momento e, num segundo momento, subjetivamente estimulante.

As escolhas feitas pela amostra demonstraram uma preferência pelos estímulos oscilando ou pulsando principalmente na gama de frequências *theta* para o efeito calmante e *alfa* para o estimulante. Igualmente evidenciaram um uso de tons isocrónicos significativamente mais recorrente para o efeito estimulante e uma nítida prevalência do uso de uma forma de onda sinusoidal para ambos os efeitos. Demonstraram ainda uma forte preferência em combinar a escuta dos fenómenos com ruído branco e/ou rosa.

Salienta-se a existência de uma margem de erro elevada conferida pela dispersão dos resultados, sendo necessária a realização de mais estudos deste tipo sobre a matéria, igualmente com o intuito de validar os achados da pesquisa científica existente neste tópico, que identicamente necessita de mais desenvolvimento, particularmente sobre tons isocrónicos.

Palavras-chave: batimentos binaurais, tons isocrónicos, *brainwave entrainment*, ondas cerebrais, efeito calmante, efeito estimulante.

Abstract

The present dissertation focuses on the exploration of two phenomena: binaural beats and isochronic tones. Scientific studies suggest the existence of a promising therapeutic potential in these phenomena due to their influence on specific brainwave frequencies. As such, through an exploratory study, it was sought to clarify the necessary characteristics of an auditory stimuli in this category to trigger specific effects on the listener.

In order to assess specific characteristics of binaural beats and isochronic tones that are able to trigger distinct sensations, a group of 30 individuals were subjected to an experiment, where, through the use of a custom developed software, each subject was asked to manipulate an audio synthesizer with the aim of achieving calming and stimulating effects.

The choices made by the sample demonstrated a preference for the stimuli oscillating or pulsing at the theta frequency range for the calming effect and alpha for the stimulating one. They also showed a recurrent use of isochronic tones for the stimulating effect and a clear prevalence in the use of a sinusoidal waveform for both effects. Additionally, they demonstrated a strong preference in combining the phenomena with white and/or pink noise.

It should be highlighted that there is a high error margin due to the dispersion of the results and it is necessary to carry out more studies of this type on the matter, also with the purpose of validating the findings of the scientific research on this topic, which identically needs more development, particularly on isochronic tones.

Keywords: binaural beats, isochronic tones, brainwave entrainment, brainwaves, calming effect, stimulating effect.

Índice

Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xv
Capítulo 1: Introdução	1
1.1. Definição do tema.....	1
1.2. Presença do tema na Internet.....	2
1.3. Relevância do tema e organização do trabalho	5
Capítulo 2: Revisão da Literatura.....	7
2.1. Batimentos binaurais: contexto e características	7
2.1.1. Os batimentos	7
2.1.2. Os batimentos binaurais.....	8
2.1.3. Efeitos e aplicações da escuta de batimentos binaurais	10
2.2. Batimentos binaurais: análise de efeitos calmantes	11
2.2.1. <i>Use of binaural beat tapes for treatment of anxiety: a pilot study of tape preference and outcomes</i>	11
2.2.2. <i>A prospective, randomised, controlled study examining binaural beat audio and pre-operative anxiety in patients undergoing general anaesthesia for day case surgery</i>	12
2.2.3. <i>Auditory driving of the autonomic nervous system: Listening to theta-frequency binaural beats post-exercise increases parasympathetic activation and sympathetic withdrawal</i>	12
2.2.4. <i>Binaural audio relaxation techniques for people with anxiety and stress</i>	13
2.2.5. <i>Brain responses to a 6-Hz binaural beat: Effects on general theta rhythm and frontal midline theta activity</i>	14
2.3. Batimentos binaurais: análise de efeitos estimulantes	15
2.3.1. <i>Binaural Auditory Beats Affect Vigilance Performance and Mood</i>	15
2.3.2. <i>Impact of auditory stimulation at a frequency of 5 Hz in verbal memory</i>	16
2.3.3. <i>The impact of binaural beats on creativity</i>	16
2.3.4. <i>The effect of binaural beats on working memory capacity</i>	18
2.3.5. <i>The Effect of Binaural Beats on Visuospatial Working Memory and Cortical Connectivity</i>	18
2.4. Batimentos binaurais: efeitos insignificativos.....	19
2.4.1. <i>Binaural Beat Technology in Humans: A Pilot Study to Assess Neuropsychologic, Physiologic, And Electroencephalographic Effects</i>	19
2.4.2. <i>A High-Density EEG Investigation into Steady State Binaural Beat Stimulation</i>	20
2.5. Tons isocrônicos: uma visão geral	21
2.5.1. Contexto e características	21
2.5.2. <i>The application of audiotimulation and electromyographic biofeedback to bruxism and myofascial pain-dysfunction syndrome</i>	23
2.5.3. <i>Isochronic Tones in the Schumann Resonance Frequency for the Treatment of Anxiety: A Descriptive Exploratory Study</i>	23
Capítulo 3: Metodologia	25
3.1. Caracterização da amostra.....	25
3.2. Conceito, conteúdo e objetivos	26
3.3. Material e métodos.....	27
3.4. Parâmetros sonoros.....	30

3.5. Estratégias de análise estatística.....	32
Capítulo 4: Resultados e Discussão	35
4.1. Parâmetros contínuos.....	35
4.2. Parâmetros discretos	40
4.3. Presença dos estímulos acústicos.....	43
Capítulo 5: Conclusões	47
Referências Bibliográficas.....	49
Páginas de Internet	53
Apêndices.....	55
Apêndice A: <i>patcher</i> desenvolvido no <i>software</i> Max.....	55
Apêndice B: ficha disponibilizada aos sujeitos participantes na experiência realizada....	56
Apêndice C: totalidade dos resultados recolhidos na experiência (30 sujeitos, 60 instâncias).....	57

Lista de Figuras

Figura 1: <i>screenshot</i> de vídeo com áudio contendo batimentos binaurais no website YouTube	3
Figura 2: <i>screenshot</i> de vídeo com áudio contendo batimentos binaurais e tons isocrônicos no website YouTube	3
Figura 3: <i>screenshot</i> da versão gratuita para macOS da aplicação “I-Doser” a reproduzir a dose “Alcohol”	4
Figura 4: <i>screenshot</i> do álbum “Digital Drug Pack” da autoria do website “I-Doser” na plataforma Spotify	5
Figura 5: demonstração gráfica da interferência entre duas ondas sinusoidais de frequências próximas, gerando batimentos	9
Figura 6: exemplo da forma de onda de tons isocrônicos pulsando a 10 Hz.....	22
Figura 7: colagem de 4 fotografias de um sujeito a realizar a experiência.....	28
Figura 8: <i>screenshot</i> do conteúdo exibido no computador durante a experiência.....	30
Figura 9: representação gráfica da média e desvio padrão do parâmetro “frequência central”	36
Figura 10: representação gráfica da média e desvio padrão do parâmetro “frequência dos batimentos binaurais”	36
Figura 11: representação gráfica da média e desvio padrão do parâmetro “frequência dos tons isocrônicos”	37
Figura 12: representação gráfica da percentagem de ocorrência dos parâmetros discretos	41
Figura 13: representação gráfica da percentagem de presença dos estímulos acústicos ..	44

Lista de Tabelas

Tabela 1: caracterização da amostra de sujeitos	25
Tabela 2: listagem dos materiais (<i>hardware e software</i>) utilizados.....	27
Tabela 3: descrição dos parâmetros controláveis, extensão e precisão dos mesmos e respetivo tipo de interface	31
Tabela 4: média e desvio padrão dos parâmetros contínuos relativos ao efeito calmante	35
Tabela 5: média e desvio padrão dos parâmetros contínuos relativos ao efeito estimulante	35
Tabela 6: ocorrência dos parâmetros discretos relativos ao efeito calmante	41
Tabela 7: ocorrência dos parâmetros discretos relativos ao efeito estimulante	41
Tabela 8: presença dos estímulos acústicos relativos ao efeito calmante	43
Tabela 9: presença dos estímulos acústicos relativos ao efeito estimulante	43

Capítulo 1: Introdução

1.1. Definição do tema

A presente dissertação de mestrado enquadra-se no âmbito da psicoacústica – a relação entre a percepção auditiva e as características físicas do som – mais especificamente na exploração de dois fenómenos e da sua influência na mente e no corpo humano: os batimentos binaurais¹ e os tons isocrónicos².

É relevante destacar, desde já, que existe significativamente mais literatura sobre o fenómeno de batimentos binaurais do que sobre tons isocrónicos. No entanto, nos estudos feitos para o presente trabalho, os tons isocrónicos foram considerados um fenómeno de interesse, possuindo igualmente um aparente potencial relevante, pelo que o fenómeno foi também incluído em todas as etapas da presente dissertação.

Perante a crescente popularidade do uso de áudio contendo ou composto por sons que induzem o fenómeno de batimentos binaurais e/ou sons compostos por tons isocrónicos, surge a necessidade de estudos científicos aprofundados sobre o tema, no sentido de compreender se os efeitos destes fenómenos são reais e significativos, ou se funcionam apenas com uma pequena quantidade de pessoas, sendo negligenciáveis.

Existe, atualmente, uma quantidade significativa de artigos científicos que exploram estes temas, particularmente o dos batimentos binaurais. A maior parte dos artigos encontrados consiste numa experiência com um pequeno grupo de pessoas em que estas são expostas através de auscultadores a batimentos binaurais e/ou tons isocrónicos, sendo as suas ondas cerebrais medidas através de eletroencefalografia, efetuando uma comparação entre antes, durante e depois da exposição aos sons, e entre os diversos subgrupos de pessoas, ora expostos aos fenómenos, ora apenas a placebo, ora a ambos em momentos diferentes (Padmanabhan, Hildreth, & Laws, 2005; Wahbeh, Calabrese, Zwickey, & Zajdel, 2007; Kraus & Porubanová, 2015).

¹ O termo binaural refere-se à escuta de som realizada através de dois ouvidos.

² O termo isocrónico define a periodicidade regular de um acontecimento.

No entanto, a estratégia de modificar ou diagnosticar parâmetros cerebrais recorrendo ao som começou a ser explorada no ano de 1839, com o físico Heinrich Wilhelm Dove, escrevendo o primeiro artigo científico sobre a matéria em 1841 (Oster, 1973). Posteriormente, ao longo do século XX, diversos estudos analisaram a influência cerebral de estímulos visuais (Janet, 1925), tácteis (Dempsey & Morison, 1941) e sonoros (Chatrian, Petersen, & Lazarte, 1960). Foram, no entanto, os estudos do biofísico Gerald Oster que, no ano de 1973, lançaram a pesquisa aprofundada sobre o tema, permanecendo até aos dias de hoje (Oster, 1973).

1.2. Presença do tema na Internet

Em paralelo com a investigação científica desenvolvida, existe também uma quantidade relevante de exploração do tema através de plataformas online. A pesquisa no website YouTube do termo “*binaural beats*” devolve cerca de 3460000 vídeos, assim como a de “*isochronic tones*” resulta em cerca de 1050000 vídeos (“binaural beats - YouTube,” n.d.) (“isochronic tones - YouTube,” n.d.). Tais resultados fornecem livre acesso a uma enorme base de dados para a escuta dos fenómenos, bastando para tal ter uma ligação à Internet e um sistema reproduzidor de som. Apresentam-se, de seguida, duas figuras representando conteúdo retirado do website YouTube.

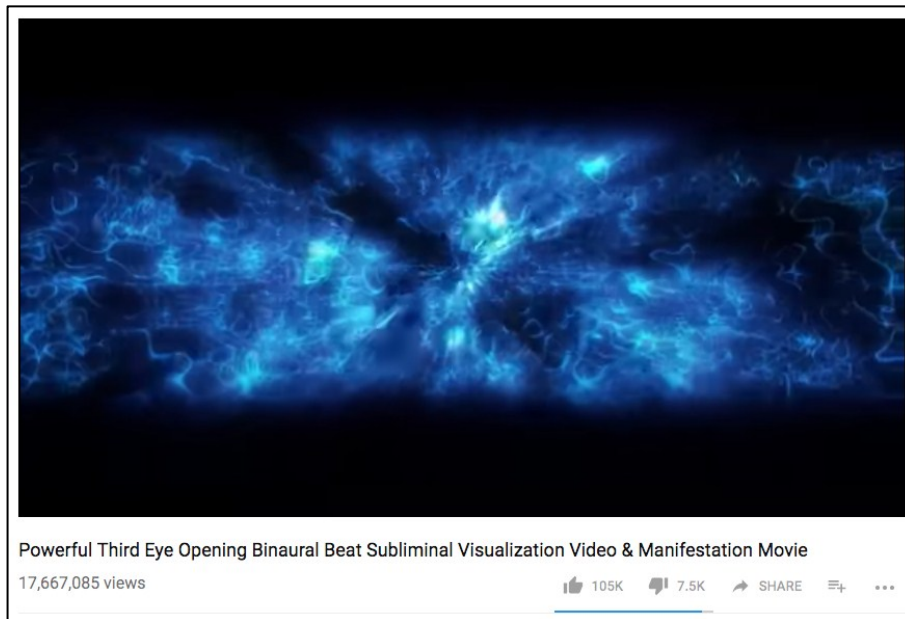


Figura 1: *screenshot* de vídeo com áudio contendo batimentos binaurais no website YouTube

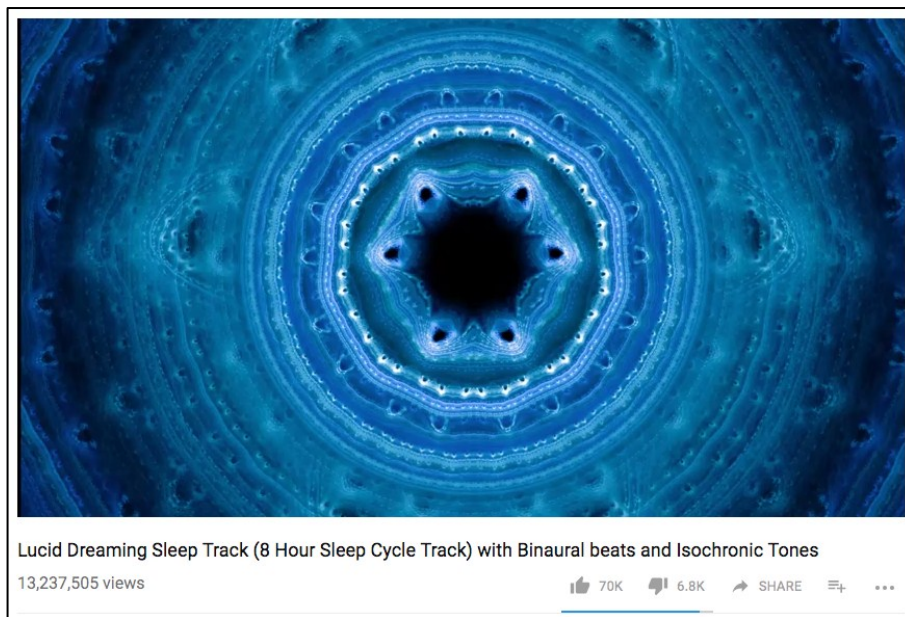


Figura 2: *screenshot* de vídeo com áudio contendo batimentos binaurais e tons isocrônicos no website YouTube

Embora amplo e de livre acesso, a fiabilidade do conteúdo é amplamente discutível. Em primeiro lugar, frequentemente, os fenómenos são incluídos em composições nas quais a influência do restante conteúdo sonoro pode não ser benéfica ou gerar algum tipo de interação negativa com os fenómenos. Em segundo lugar, a maneira

como os fenómenos são utilizados é parcial ou totalmente desconhecida, assim como as suas características e, particularmente, os efeitos cerebrais daí resultantes. E, em terceiro lugar, não existe qualquer garantia de que a influência dos fenómenos seja a mesma em todos os ouvintes, ou até mesmo que estes tenham algum tipo de influência.

É relevante destacar ainda um *software* intitulado “I-Doser”, que leva a influência cerebral dos fenómenos de batimentos binaurais, teoricamente e de acordo com a sua descrição, a um nível ainda mais elevado, afirmando permitir alcançar uma grande diversidade de estados de espírito e efeitos do uso de algumas drogas psicotrópicas. Trata-se de um programa para computador e aplicação para dispositivos móveis com conteúdos que podem ser separadamente comprados pelo utilizador, onde estes pagam para obter “doses” de áudio (“I-Doser.com: Digital Doses,” n.d.). Os conteúdos deste *software* são frequentemente referidos como “drogas digitais”, existindo diversos vídeos que exibem utilizadores a ter aparentes reações físicas descontroladas, ou alcance de determinados estados de espírito, semelhantes aos expectáveis através do consumo de algumas substâncias (“Oklahoma Bureau of Narcotics Warning Parents About I-Dosing - YouTube,” n.d.). Expõem-se, de seguida, duas figuras relativas ao referido *software*.

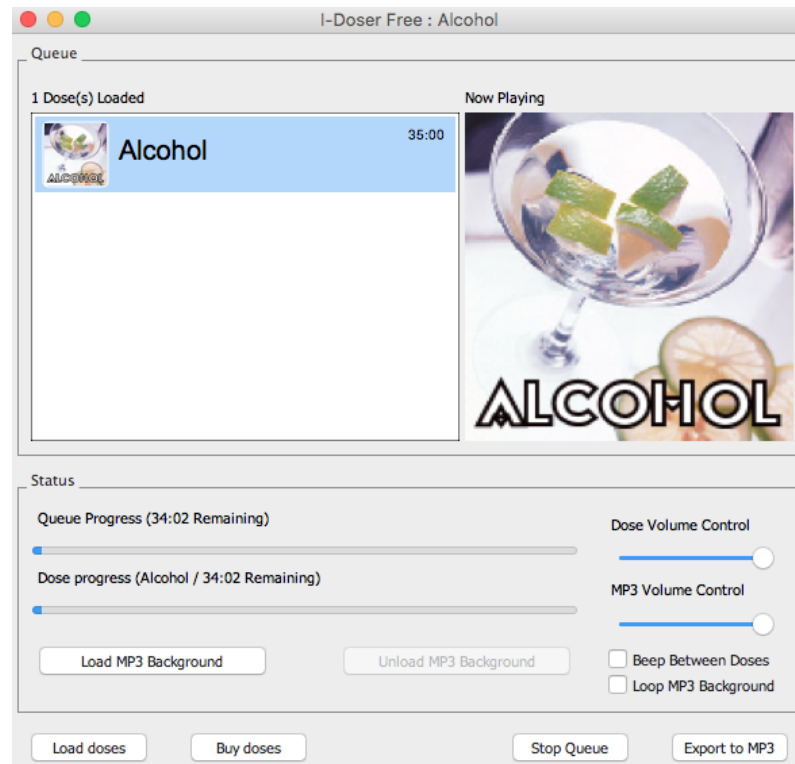


Figura 3: *screenshot* da versão gratuita para macOS da aplicação “I-Doser” a reproduzir a dose “Alcohol”

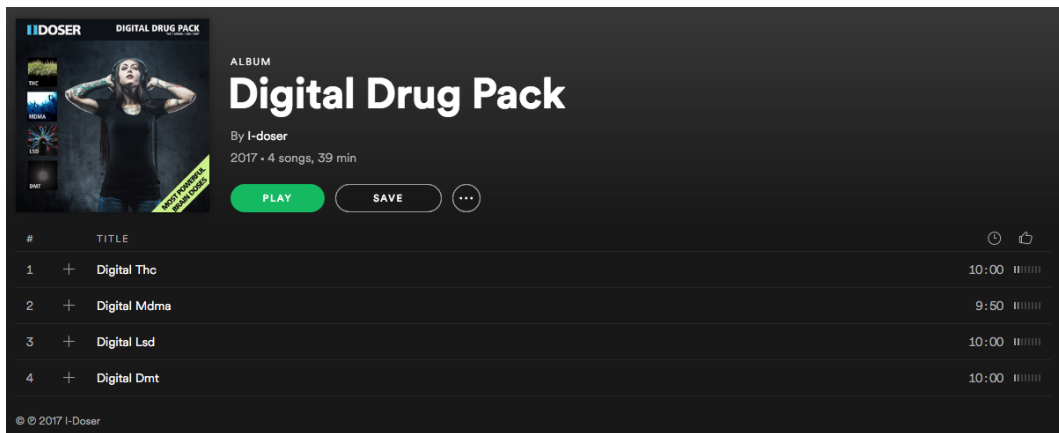


Figura 4: *screenshot* do álbum “Digital Drug Pack” da autoria do website “I-Doser” na plataforma Spotify

1.3. Relevância do tema e organização do trabalho

O propósito da escuta de sons que induzam o fenómeno de batimentos binaurais, ou sons compostos por tons isocrónicos, é o de obter efeitos positivos, por exemplo, ao nível do relaxamento generalizado ou da capacidade de concentração de um indivíduo. Existem múltiplos estudos científicos que evidenciam que a escuta destes sons afeta temporariamente a predominância de frequências específicas das ondas cerebrais³, estimulando-as; é um fenómeno referido como *brainwave entrainment*⁴. É então pretendido, através da escuta dos referidos sons, afetar de alguma maneira benéfica e desejável a mente e/ou o corpo de um indivíduo, uma vez que a predominância de determinadas frequências está correlacionada com a vigília e o sono, a concentração e o relaxamento, entre outros aspetos (Foster, 1990; Kennerly, 1994; Le Scouranec, Poirier, Owens, & Gauthier, 2001).

As conclusões obtidas na maioria dos estudos são positivas relativamente aos efeitos, confirmando que a influência destes fenómenos sobre o corpo humano é real e significativa, quer do ponto de vista físico, quer mental (Kasprzak, 2011; Zampi, 2016). No entanto, um estudo feito por Wahbeh et al., recolhido entre outros estudos para o

³ As ondas cerebrais consistem em padrões rítmicos de atividade neuronal ao nível do sistema nervoso central (Gruzelier, 1996).

⁴ *Entrainment* refere-se à sincronização rítmica de uma oscilação com um estímulo externo. Trata-se de um fenómeno recorrente na natureza e biologicamente presente em seres vivos (Granada & Herzel, 2009).

presente trabalho, não indica uma influência significativa do fenómeno (Wahbeh et al., 2007). Percebe-se, portanto, que os resultados dos estudos não são totalmente convergentes, evidenciando-se a necessidade de mais pesquisas que permitam conferir maior consistência ao trabalho já desenvolvido.

Neste sentido, o principal propósito do presente trabalho consiste em estudar a influência – positiva ou negativa, significativa ou negligenciável, padronizada ou aleatória – dos batimentos binaurais e/ou tons isocrónicos a partir de uma experiência prática construída para o efeito, que contempla a participação de 30 sujeitos do meio académico e de ambos os sexos. Estabelecem-se então os seguintes objetivos específicos: analisar o estado da arte a partir de diversos estudos e testes efetuados em grupos de indivíduos submetidos aos fenómenos de batimentos binaurais e/ou sons compostos por tons isocrónicos; realizar uma experiência prática com uma amostra de sujeitos, com o intuito de obter dados estatísticos que sustentem uma confrontação com as previsões obtidas pela análise do estado da arte; observar a relação entre os sons alcançados pela amostra e os efeitos em questão, através de uma análise estatística e procura de padrões e tendências nos parâmetros sonoros assignados pelos participantes em cada tarefa da experiência; interpretar os resultados obtidos a partir da experiência realizada e confrontá-los com a literatura.

Esta dissertação encontra-se organizada em 7 capítulos, consistindo o primeiro nesta Introdução. No segundo capítulo, intitulado Revisão da Literatura, traça-se o estado da arte relativamente aos dois fenómenos nos quais se situa o foco do presente trabalho. O terceiro capítulo descreve a Metodologia utilizada, desde a amostra ao material e métodos utilizados, passando também pelos procedimentos estatísticos empregados. No quarto capítulo, apresentam-se os Resultados e Discussão, onde se descrevem os resultados da experiência prática realizada e, em simultâneo, se confrontam com a literatura e se interpretam. No quinto capítulo, incluem-se as principais conclusões do estudo. Por fim, inserem-se as Referências Bibliográficas e os Apêndices.

Capítulo 2: Revisão da Literatura

2.1. Batimentos binaurais: contexto e características

Existem diversas formas de estimulação de frequências específicas das ondas cerebrais de um indivíduo (Huang & Charyton, 2008). Os batimentos binaurais são o primeiro método tido em conta e analisado na presente dissertação.

2.1.1. Os batimentos

Os batimentos consistem num padrão de interferências entre dois sons de frequências⁵ semelhantes. Esses dois sons, pelas suas alternantes diferenças de fase⁶ e pela forma como são percebidos pelo cérebro, resultam em apenas um som, oscilante em amplitude⁷ e cuja frequência escutada se situa na média das frequências dos dois sons originais. Trata-se de um fenómeno recorrente na música, em particular nos instrumentos musicais que produzem sons contínuos, onde os batimentos podem ser utilizados como uma ferramenta de auxílio no processo de afinação.

É relevante notar que a interferência entre os dois sons, fisicamente, causa um som resultante cuja amplitude é modulada a uma frequência correspondente à metade da diferença entre as frequências dos dois sons. Este fenómeno pode ser descrito pela seguinte fórmula:

$$\cos(a) + \cos(b) = 2 * \cos\left(\frac{a + b}{2}\right) * \cos\left(\frac{a - b}{2}\right)$$

⁵ A frequência corresponde à quantidade de ciclos por unidade de tempo. Em acústica, refere-se ao número de ciclos de uma onda sonora por segundo. É medida em *hertz*.

⁶ A fase corresponde à posição de um ponto num ciclo de onda no tempo. A diferença de fase corresponde à diferença de posição de duas ondas de mesma frequência. É medida em graus ou radianos.

⁷ A amplitude consiste na magnitude da oscilação de uma onda num determinado período. Pode ser medida através da diferença entre picos de amplitude ou através da medição *root mean square* (RMS).

Porém, dado o ouvido humano, neste caso, apenas ser sensível à amplitude do som, não é capaz de discernir a fase da onda sonora resultante, interpretando cada pico de amplitude como um ciclo de modulação de amplitude completo. Tal fenómeno resulta, ao nível perceptual, na escuta do dobro das modulações de amplitude, ou seja, o dobro dos batimentos. Sendo então a frequência do batimento escutado o dobro da frequência da modulação de amplitude, esta pode ser descrita através da seguinte fórmula (Roberts, 2016):

$$f(bat) = |f(1) - f(2)|$$

2.1.2. Os batimentos binaurais

O fenómeno de batimentos binaurais é obtido através da escuta binaural de duas frequências, habitualmente sons puros⁸, uma em cada ouvido, sendo ambas inferiores a 1000 Hz e tendo uma diferença entre si menor do que 30 Hz (Oster, 1973). Por exemplo, escutar através de auscultadores estereofónicos um som de 200 Hz num canal e 210 Hz no outro canal, induzirá o fenómeno de batimentos binaurais, onde a percepção será de um som de 205 Hz, a média da frequência de ambos os sons escutados, a oscilar em amplitude à frequência de 10Hz, a diferença entre as duas frequências.

No caso dos batimentos, a oscilação em amplitude é proveniente da diferença de fase entre os dois sons e apenas o facto de se escutar uma frequência, em vez de duas, é um fenómeno proveniente de uma incapacidade perceptual humana. No entanto, no caso dos batimentos binaurais, a percepção final do som é totalmente proveniente de incapacidades perceptuais, resultando numa dupla ilusão auditiva, quer ao nível da oscilação em amplitude, quer ao nível da percepção de apenas uma frequência. Como tal, o lado surpreendente dos batimentos binaurais advém precisamente do carácter binaural destes. No fenómeno de batimentos, ambas as frequências são escutadas pelos dois ouvidos, no entanto, no fenómeno de batimentos binaurais, cada ouvido escuta apenas uma das frequências, sem que haja qualquer interferência física entre elas, o que torna

⁸ Um som puro consiste num som cuja forma de onda seja sinusoidal. Refere-se a uma senoide de qualquer frequência, fase ou amplitude.

inesperada, de um ponto de vista lógico e racional, a percepção obtida de apenas um som, intermédio entre os dois escutados, e tão rapidamente oscilante em amplitude quanto a diferença entre as frequências escutadas, estando estas, na verdade, sempre à mesma amplitude. A figura 5 ilustra o fenómeno de batimentos.

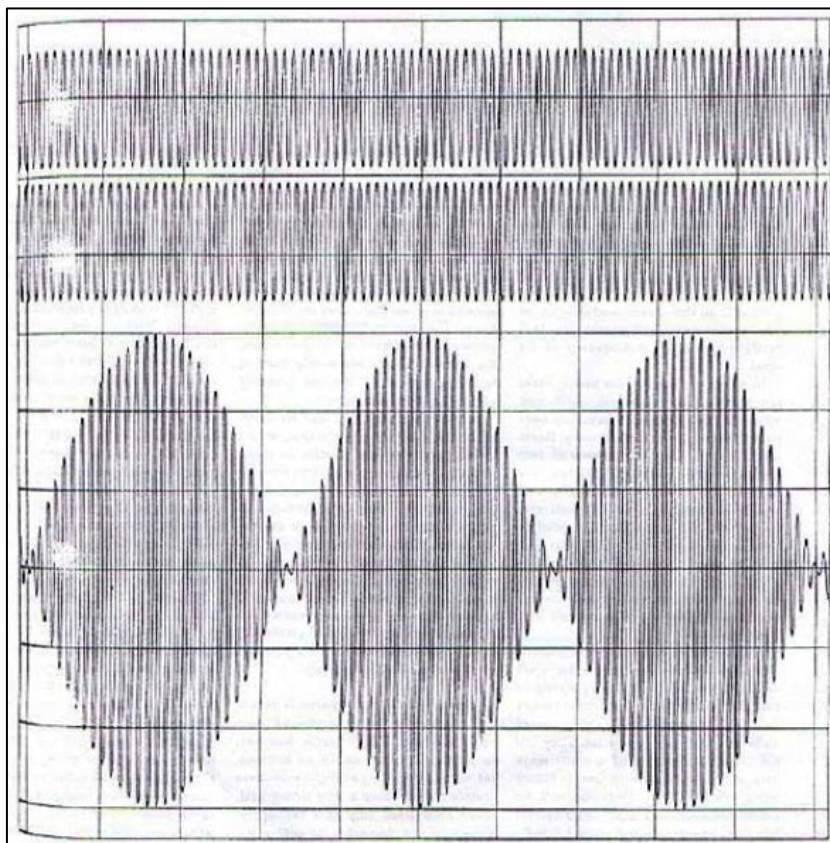


Figura 5: demonstração gráfica da interferência entre duas ondas sinusoidais de frequências próximas, gerando batimentos

Retirada do artigo científico de Oster (1973), esta figura representa duas ondas sinusoidais no topo, diferindo ligeiramente em frequência e que, quando combinadas, geram a onda na parte inferior, percebida como uma frequência correspondente à média das duas frequências superiores e contendo, fisicamente, uma notória oscilação em amplitude. Quando as duas frequências superiores são enviadas uma para cada ouvido, o fenómeno de batimentos mantém-se, tornando-se binaural, mesmo sem que haja qualquer interação física entre as duas frequências, portanto, sem as somas e anulações de amplitude provocadas pelas intermitentes diferenças de fase entre as duas frequências, dado estas não terem a mesma frequência.

2.1.3. Efeitos e aplicações da escuta de batimentos binaurais

Torna-se evidente o relevante interesse médico na exploração do uso do som para aplicações no âmbito da saúde, dado tratar-se de um fenómeno não-invasivo e de muito simples execução nos pacientes (Gardner & Licklider, 1959; Gardner, Licklider, & Weisz, 1960; Zampi, 2016). Em específico, o fenómeno de batimentos binaurais atrai particular atenção científica a partir do momento em que se evidencia o seu efeito no cérebro e, conseqüentemente, no resto do corpo, mente e estado de espírito de um indivíduo (Foster, 1990; Will & Berg, 2007; Reedijk, Bolders, & Hommel, 2013). No entanto, ainda em 1973, no artigo previamente citado, Oster já vê os batimentos binaurais como tendo um forte potencial na área da saúde, no caso em questão para efeitos de diagnóstico médico, dado constatar que a percepção dos batimentos binaurais é afetada em pessoas com condições neurológicas anormais ou, no caso do sexo feminino, consoante a fase do seu ciclo menstrual, algo que veio, mais tarde, a ser reforçado por outros estudos (Haggard & Gaston, 1978).

No presente trabalho e, em particular, na experiência prática realizada no contexto do mesmo, foram tidas em especial consideração duas categorias de efeitos obteníveis a partir da exposição a batimentos binaurais e/ou tons isocrónicos: o efeito calmante e o efeito estimulante. A primeira categoria é um conjunto de efeitos que se traduzem em relaxamento, serenidade, alívio da tensão ou ansiedade, redução da percepção de dor ou facilitação do sono, entre outros efeitos de carácter calmante. No caso da segunda categoria, tratam-se de efeitos traduzidos em aumento da percepção dos sentidos, aumento da capacidade de concentração, inibição do sono ou melhoria da memória de trabalho⁹, entre outros efeitos de carácter estimulante.

Tendo em conta as duas categorias de efeitos, calmante e estimulante, é então feita uma divisão em três partes da literatura recolhida e analisada com relevância sobre o fenómeno de batimentos binaurais, salientando as múltiplas conclusões obtidas pelos vários autores. A primeira parte corresponde à literatura que faz experiências com um grupo de participantes com o intuito de obter efeitos calmantes. A segunda, por sua vez, corresponde à literatura que utiliza igualmente um grupo de participantes mas, desta vez, com o objetivo de induzir efeitos estimulantes nos indivíduos. Por fim, a terceira

⁹ A memória de trabalho consiste num sistema cognitivo de capacidade limitada responsável pelo armazenamento temporário de informação disponível para processamento (Baddeley & Hitch, 1974).

corresponde a um conjunto de estudos que não encontraram resultados significativos ou positivos na sua amostra de estudo submetida às experiências com batimentos binaurais.

2.2. Batimentos binaurais: análise de efeitos calmantes

O uso de batimentos binaurais com o objetivo de obter algum tipo de efeito calmante ao nível do corpo e/ou mente de um indivíduo é frequente e consta em diversas experiências recolhidas para o presente trabalho, das quais será, de seguida, feita uma análise, salientando as conclusões dos autores sobre a matéria.

2.2.1. *Use of binaural beat tapes for treatment of anxiety: a pilot study of tape preference and outcomes*

Le Scouranec et al., no ano de 2001, visou avaliar o potencial de som contendo batimentos binaurais para o alívio de ansiedade. A experiência foi realizada com um grupo de 15 pacientes que frequentaram a Clinique Psyché em Montreal, Quebec e que reportaram sofrer de ansiedade a níveis moderados. Consistiu em dar 3 faixas musicais, A, B e C, contendo batimentos binaurais, a cada um dos participantes, que realizaram escutas das faixas durante um mês, de forma previamente organizada e planeada, no seu próprio domicílio. Os participantes foram reportando diariamente, através da escrita de um diário, o seu nível de ansiedade anterior e posterior a essas escutas. O estudo concluiu uma preferência dos participantes pela faixa B, que continha batimentos binaurais mais pronunciados e por uma duração mais longa, oscilando no intervalo de ondas delta e theta, estimulando, por isso, as ondas cerebrais dos ouvintes nessa mesma gama de frequências¹⁰. Foi igualmente notada uma influência positiva e significativa na redução da classificação de ansiedade diária, pelo que, com este estudo, a equipa investigadora reforçou a hipótese dos batimentos binaurais constituírem um método eficaz na redução da perceção subjetiva de ansiedade (Le Scouranec et al., 2001).

¹⁰ As ondas cerebrais estão divididas em 5 intervalos principais, dependendo da sua frequência: delta (≤ 3 Hz), theta (4 Hz – 7 Hz), alfa (8 Hz – 12 Hz), beta (13 Hz – 30 Hz) e gamma (≥ 31 Hz) (Gruzelier, 1996).

2.2.2. A prospective, randomised, controlled study examining binaural beat audio and pre-operative anxiety in patients undergoing general anaesthesia for day case surgery

Do mesmo modo, a experiência conduzida por Padmanabhan et al., no ano de 2005, visou estudar o potencial de som contendo batimentos binaurais para o alívio de ansiedade pré-operatória. Esta experiência foi efetuada ao longo de 6 meses com 108 pacientes submetidos a uma cirurgia no Sunderland Royal Hospital, Reino Unido. Os pacientes foram divididos em 3 grupos, expostos cada um durante 30 minutos a áudio contendo batimentos binaurais para o primeiro grupo, o mesmo áudio sem batimentos binaurais para o segundo grupo, não tendo o terceiro grupo escutado qualquer áudio. Para cada indivíduo, através do questionário *State-Trait Anxiety Inventory* (Spielberger, Gorsuch, & Lushene, 1970), foi medida a ansiedade 45 a 60 minutos antes da operação e medida de novo após o período referido de 30 minutos. Os resultados mostraram, ao nível da ansiedade reportada no questionário, uma redução de 26,3% no primeiro grupo, 11,1% no segundo grupo e 3,8% no terceiro grupo, evidenciando um impacto significativo do áudio contendo batimentos binaurais que, neste caso, se situavam principalmente na gama de ondas delta. De novo, com este estudo, a equipa investigadora concluiu a existência de um efeito significativo e relevante no alívio da ansiedade pré-operatória, não impactando nas suas funções psicomotoras ou na sua saúde após a operação (Padmanabhan et al., 2005).

2.2.3. Auditory driving of the autonomic nervous system: Listening to theta-frequency binaural beats post-exercise increases parasympathetic activation and sympathetic withdrawal

No ano de 2014, a equipa de McConnell et al. estudou o potencial da influência de batimentos binaurais nos estímulos autónomos corporais e na sensação subjetiva de relaxamento. O estudo em questão centrou-se na análise de variações no batimento cardíaco de um grupo de 21 sujeitos, detalhando também o funcionamento do sistema

nervoso simpático e parassimpático¹¹. Em relaxamento, após 20 minutos de prática de exercício físico, foram dados a escutar ao grupo, durante igualmente 20 minutos, batimentos binaurais na gama de frequências theta – entre 4 e 7 Hz – enquanto que numa segunda etapa da experiência, foi apenas dado a escutar som não contendo batimentos binaurais de qualquer espécie. Foi também medido, através de uma escala, o grau subjetivo de relaxamento anterior e posterior à escuta dos sons. Embora a amostra de sujeitos não tenha demonstrado uma variação no batimento cardíaco em nenhuma das fases da experiência, foi evidenciada uma influência da escuta de batimentos binaurais na ativação do sistema nervoso parassimpático e abstenção do sistema nervoso simpático, significando um relaxamento fisiológico. Ademais, as classificações dadas pelos sujeitos expostos a batimentos binaurais, comparadas com aquelas dadas pelos sujeitos não expostos ao fenómeno, indicaram um efeito potenciador do relaxamento na escuta do mesmo, reforçando de novo a hipótese dessa escuta, neste caso na gama de frequências theta, promover sensações subjetivas de relaxamento (McConnell, Froeliger, Garland, Ives, & Sforzo, 2014).

2.2.4. Binaural audio relaxation techniques for people with anxiety and stress

Uma equipa de investigadores composta por Molina et al., ainda no ano de 2014, conduziu uma experiência no Instituto Tecnológico e de Estudos Superiores de Monterrey, Campus Santa Fe, México, que contemplou a participação de 20 sujeitos e que procurou, mais uma vez, estudar o impacto da escuta de batimentos binaurais na redução da ansiedade. Os participantes foram divididos em dois grupos, o grupo de teste e o grupo de controlo, tendo sido dados a escutar ao grupo de teste batimentos binaurais na gama de frequências theta e, ao grupo de controlo, apenas sons da natureza, não contendo quaisquer batimentos binaurais. O efeito da experiência foi avaliado através da medição das ondas cerebrais dos sujeitos recorrendo a eletroencefalografia, assim como através do questionário *State-Trait Anxiety Inventory* (Spielberger et al., 1970) respondido antes e depois da escuta dos sons. Foi observado um relaxamento de ambos os grupos sendo, no

¹¹ O sistema nervoso autónomo está dividido em duas partes: o sistema nervoso simpático e o sistema nervoso parassimpático. Ambos têm diversas funções, sendo as principais a regulação corporal perante situações de tensão para o primeiro e situações de relaxe para o segundo (Albert et al., 2012).

entanto, um relaxamento consciente e em estado de vigília para o grupo de teste e um relaxamento inconsciente provocado frequentemente pela entrada nas primeiras fases do sono no grupo de controlo, mostrando uma eficácia superior dos batimentos binaurais em relaxar o ouvinte sem o adormecer. Após o término da escuta dos sons, foi notada uma permanência de ondas cerebrais na gama de frequências delta – inferiores ou iguais a 3 Hz – no grupo de teste, não tendo o grupo de controlo mantido a permanência de quaisquer ondas associadas a um estado de relaxamento, demonstrando neste caso um prolongamento temporal do efeito ansiolítico da escuta de batimentos binaurais. Do mesmo modo, a confrontação entre os questionários preenchidos antes e depois da escuta dos sons demonstraram uma maior redução da percepção subjetiva de ansiedade nos sujeitos expostos a batimentos binaurais, validando a hipótese da escuta do fenómeno induzir um efeito ansiolítico eficaz e significativo (Molina, Sainz, Serrano, Rentería, & Urquiza, 2014).

2.2.5. Brain responses to a 6-Hz binaural beat: Effects on general theta rhythm and frontal midline theta activity

Jirakittayakorn e Wongsawat conduziram, no ano de 2017, uma experiência com 28 sujeitos que visou analisar a atividade de ondas cerebrais da gama de frequências theta e a flutuação de estados emocionais perante a escuta, durante 30 minutos, de batimentos binaurais a 6 Hz de oscilação com uma frequência central de 250 Hz. A atividade cerebral dos participantes foi medida através de eletroencefalografia e o estado emocional foi medido antes e depois da escuta dos sons através da *Brunel Mood Scale* (A. M. Lane, Terry, & Fogarty, 2007). Os participantes foram divididos em dois grupos, o grupo de teste e o grupo de controlo, à semelhança dos procedimentos efetuados nas experiências anteriormente analisadas. No grupo de teste, exposto aos batimentos binaurais, foi observada uma indução da atividade de ondas cerebrais na gama de frequências theta ao longo de todo o córtex cerebral em apenas 10 minutos de exposição ao fenómeno, extrapolando tratar-se da presença de um estado cerebral associado à meditação, ausente no grupo de controlo. As classificações do parâmetro “tensão” nos questionários igualmente evidenciaram uma descida, no grupo de teste, após a escuta do fenómeno. Tais conclusões levaram então a equipa investigadora a admitir a hipótese da escuta de

batimentos binaurais, com uma frequência de oscilação de 6 Hz, facilitar o alcance de um estado meditativo, promovendo o relaxamento (Jirakittayakorn & Wongsawat, 2017).

2.3. Batimentos binaurais: análise de efeitos estimulantes

O uso de batimentos binaurais com o objetivo de obter algum tipo de efeito estimulante ao nível do corpo e/ou mente de um indivíduo é, tal como para o ponto 2.2. do presente trabalho, frequente e consta igualmente em várias das experiências recolhidas, que serão de seguida analisadas.

2.3.1. *Binaural Auditory Beats Affect Vigilance Performance and Mood*

O primeiro caso que analisamos é o de uma experiência realizada no ano de 1998 pela equipa de Lane et al., que consistiu em medir os efeitos da exposição a batimentos binaurais na capacidade e rendimento ao efetuar tarefas de vigilância visual. Uma amostra de 29 participantes escutou, durante 30 minutos, em momentos diferentes e juntamente com ruído rosa¹², batimentos binaurais na gama de frequências beta e na gama de frequências theta e delta, sem terem conhecimento de que iriam escutar batimentos binaurais nem tendo igualmente conhecimento sobre as suas características. A experiência observou uma maior precisão e performance visual, assim como uma menor presença de humor negativo nos indivíduos quando expostos aos batimentos binaurais na gama de frequências beta, em detrimento de quando expostos ao fenómeno na gama de frequências theta e delta. Os resultados obtidos levaram Lane et al. a formular a hipótese da exposição ao fenómeno ter o potencial de afetar a performance psicomotora e o humor dos ouvintes, assim como constituir tecnologia potencialmente aplicável ao tratamento, melhoria ou aumento das capacidades de concentração e execução de tarefas de um indivíduo (J. D. Lane, Kasian, Owens, & Marsh, 1998).

¹² O ruído rosa consiste num sinal que contém todas as frequências audíveis decrescendo de 3 dB de amplitude por oitava, resultando num som com igual amplitude entre todas as oitavas do espetro.

2.3.2. Impact of auditory stimulation at a frequency of 5 Hz in verbal memory

No ano de 2008, Fernández et al. realizaram uma experiência que procurou clarificar o efeito da escuta de batimentos binaurais de diversas gamas de frequência na capacidade de recordação imediata de palavras. A experiência contemplou a participação de 18 sujeitos e consistiu em dar a escutar à amostra batimentos binaurais oscilando a 5 Hz numa primeira fase e a 13 Hz numa segunda fase, tendo sido utilizado ruído branco¹³ como parâmetro de controlo. Nos dois minutos finais de cada sessão de escuta, foi dada a ouvir aos participantes uma sequência de 20 palavras que estes deviam então, após o final da exposição ao estímulo auditivo, recordar. A equipa investigadora constatou uma melhoria significativa da capacidade de recordar a sequência de palavras na última sessão de exposição ao estímulo de batimentos binaurais oscilando a 5 Hz, comparativamente com a referência inicial obtida das capacidades dos sujeitos prévias ao início dos períodos de estimulação auditiva. Constatou igualmente, e surpreendentemente, um decréscimo da capacidade no término da fase de exposição a batimentos binaurais oscilando a 13 Hz, correspondendo à gama de frequências beta. Por fim, não foi notada qualquer influência significativa do estímulo constituído por ruído branco na capacidade medida. Tais resultados levaram Fernández et al. a concluir que a exposição regular, por um período de tempo extenso, a batimentos binaurais oscilando a 5 Hz, correspondendo à gama de frequências theta, beneficia a capacidade memória verbal instantânea (Fernández et al., 2008).

2.3.3. The impact of binaural beats on creativity

Mais recentemente, no ano de 2013, Reedijk et al. conduziram uma experiência com 24 estudantes da Universidade de Leiden, Países Baixos, que visou estudar o impacto da escuta de batimentos binaurais na criatividade. A experiência foi dividida em três fases, correspondendo a primeira à escuta de batimentos binaurais oscilando a 10 Hz (gama de frequências alfa), a segunda oscilando a 40 Hz (gama de frequências gamma) e

¹³ O ruído branco consiste num sinal que contém todas as frequências audíveis à mesma amplitude, resultando num som com mais elevada amplitude em frequências agudas.

a terceira à escuta de apenas um tom constante isento de batimentos binaurais. Nas três fases, a frequência central (e única para a terceira fase) foi de 340 Hz. Igualmente, em todas as fases da experiência, foi acrescentado ruído branco juntamente com os batimentos binaurais para, de acordo com os autores, intensificar a clareza do fenómeno. Cinco minutos prévios ao início da escuta dos sons, foi medido o *eye blink rate* de cada participante, um dado que permite obter informações acerca do nível de dopamina estriatal dos sujeitos, parâmetro que a equipa investigadora refere afetar diretamente a capacidade criativa. Foram medidas as capacidades de pensamento divergente e convergente¹⁴ e foi também realizada uma medição de humor através da *Positive And Negative Affect Scale* (Watson, Clark, & Tellegen, 1988) de modo a seguir as potenciais alterações de humor dos sujeitos ao longo do tempo. A experiência concluiu que a exposição a batimentos binaurais, independentemente das suas características, não afetou de forma significativa a capacidade de pensamento convergente, afetando apenas a de pensamento divergente nos sujeitos com um baixo *eye blink rate* (inferior ou igual a 20 *blinks* por minuto), evidenciando a hipótese da capacidade de pensamento divergente estar intimamente ligada ao nível de dopamina estriatal do indivíduo em questão. Não foi encontrada uma diferença na influência dos batimentos binaurais dependendo da gama de frequências da oscilação destes, fator que leva a equipa investigadora a validar a hipótese de que a eficácia do fenómeno, para melhorar a capacidade de pensamento divergente (o tipo de pensamento essencial na criatividade), encontra-se mais na sua escuta do que em características específicas que este possua. Ademais, a capacidade de pensamento divergente foi negativamente afetada nos indivíduos com um elevado *eye blink rate* (superior a 20 *blinks* por minuto). Reedijk et al. concluem o estudo fazendo notar que o uso do fenómeno de batimentos binaurais não pode ser o mesmo para todos os indivíduos dado as variações fisiológicas entre indivíduos, tais como aquelas referenciadas neste estudo, constituírem uma variável relevante na influência neurológica do fenómeno (Reedijk et al., 2013).

¹⁴ O pensamento divergente consiste num processo mental utilizado para gerar ideias através da exploração criativa de múltiplas soluções, enquanto que o pensamento convergente refere-se a um processo mental que permite fornecer habitualmente uma única solução correta a um ou mais problemas (Dietrich & Kanso, 2010).

2.3.4. *The effect of binaural beats on working memory capacity*

No ano de 2015, a equipa de investigadores constituída por Kraus e Porubanová realizou uma experiência que consistiu em medir os efeitos sobre a memória de trabalho da escuta de batimentos binaurais na gama de frequências alfa. Esta última gama de frequências, nas ondas cerebrais, é referida pelos autores como sendo associada à memória de trabalho, vigília, capacidades percetuais e rapidez de processamento de informação, entre outros aspetos. Foi feita uma medição da capacidade de memória de trabalho em 40 participantes do meio académico através do *Automated Operation Span Task* (Miyake & Shah, 1999), tendo sido o grupo dividido em duas partes, um grupo de teste e um grupo de controlo. O grupo de teste escutou uma gravação do som do mar contendo batimentos binaurais oscilando a uma frequência de 9,55 Hz, enquanto que o grupo de controlo escutou apenas a gravação do som do mar, tendo tido a escuta dos sons, para ambos os grupos, a duração de 12 minutos. Foi observado um efeito temporário positivo e significativo da escuta de batimentos binaurais ao nível dos resultados nas tarefas dadas aos participantes constituintes do grupo de teste, em contraste com os resultados dos do grupo de controlo. Com tais resultados, a equipa investigadora reforçou a hipótese da escuta do fenómeno possuir um potencial significativo ao nível de aplicações médicas e de aumento de capacidades cerebrais, no caso em questão, ao nível da memória de trabalho, um campo de elevada relevância universal. A equipa reforça ainda a necessidade de mais estudos sobre a matéria, nomeadamente contemplando faixas etárias mais elevadas, participantes com algum tipo de défice cognitivo ou que não tenham frequentado o ensino superior (Kraus & Porubanová, 2015).

2.3.5. *The Effect of Binaural Beats on Visuospatial Working Memory and Cortical Connectivity*

A equipa investigadora composta por Beauchene et al., no ano de 2016, realizou uma experiência que estudou os efeitos da escuta de diversos estímulos acústicos, entre eles batimentos binaurais de diversas gamas de frequências, sobre a memória de trabalho durante a realização de uma tarefa visuoespacial. A experiência foi realizada com a participação de 28 sujeitos cuja atividade cerebral foi monitorizada através de

eletroencefalografia. A performance dos participantes foi medida durante 30 minutos, a duração total da realização da tarefa, enquanto que, ao longo dessa duração, o estímulo sonoro apresentado foi sendo alterado de 5 em 5 minutos, para um total de 6 estímulos diferentes apresentados aos participantes. Os estímulos de controlo foram compostos por silêncio (A1), som puro a 240 Hz (A2) e a peça “Primavera” de Vivaldi (A3), enquanto que os estímulos de teste foram compostos por batimentos binaurais oscilando a 5 Hz (B1), 10 Hz (B2) e 15 Hz (B3). Foram analisados os contrastes ao nível da performance entre as 6 fases da experiência, assim como a variação da performance dentro de cada fase, entre os primeiros 1,5 minutos e os últimos. Foi verificado pela equipa um significativo destaque positivo para a fase que contemplou o estímulo acústico B3, verificando igualmente um detrimento na performance das restantes 5 fases, notando uma performance inferior nos 1,5 minutos finais de cada uma dessas 5 fases comparativamente com os 1,5 minutos iniciais respetivamente. Tais resultados permitiram a Beauchene et al. concluir que a escuta de batimentos binaurais na gama de frequências beta, onde se situa a oscilação a 15 Hz, constitui um estímulo positivo ao nível da memória de trabalho e, conseqüentemente, da capacidade de realização de tarefas de carácter visuoespacial (Beauchene, Abaid, Moran, Diana, & Leonessa, 2016).

2.4. Batimentos binaurais: efeitos insignificativos

Embora exista um conjunto significativo de trabalhos que evidencia resultados positivos quanto aos efeitos da exposição a batimentos binaurais, para o presente estudo foram igualmente recolhidos alguns casos onde os resultados das experiências efetuadas foram insignificativos. Descrevem-se em seguida essas experiências.

2.4.1. *Binaural Beat Technology in Humans: A Pilot Study to Assess Neuropsychologic, Physiologic, And Electroencephalographic Effects*

A experiência conduzida por Wahbeh et al., no ano de 2007, consistiu na exposição de um grupo de 4 sujeitos ao fenómeno de batimentos binaurais. Foi medida

uma vasta quantidade de parâmetros e tidas em conta múltiplas dimensões, entre as quais a pressão arterial, atividade cerebral medida através de eletroencefalografia, capacidade de recordação imediata de palavras e preenchimento de questionários, tais como o já previamente citado *State-Trait Anxiety Inventory* (Spielberger et al., 1970). A exposição da amostra de sujeitos a estímulos acústicos decorreu em dois momentos, separados por um intervalo de uma semana, correspondendo o primeiro momento ao teste (escuta de ruído rosa com batimentos binaurais oscilando a 7 Hz) e o segundo momento ao controlo (escuta de apenas ruído rosa), tendo tido cada exposição aos estímulos a duração de 30 minutos. Após a análise dos resultados, a equipa investigadora não encontrou diferenças significativas entre o momento de teste e o de controlo relativamente à atividade cerebral registada nas medições eletroencefalográficas. Foi, no entanto, constatada uma classificação mais elevada no parâmetro “depressão” nos questionários relativos ao momento de teste, comparativamente com o momento de controlo. Igualmente, no momento de teste, foi notada uma performance inferior na capacidade de recordação imediata de palavras, de novo, comparativamente com o momento de controlo. A equipa de Wahbeh et al. concluiu uma inexistência de dados relevantes que suportem a noção de que a escuta de batimentos binaurais afeta a predominância de frequências específicas das ondas cerebrais, algo que põe em causa os resultados negativos ao nível dos parâmetros referidos, reforçando a necessidade de mais estudos sobre a matéria e salientando o facto da amostra em questão ser composta por apenas 4 sujeitos (Wahbeh et al., 2007).

2.4.2. *A High-Density EEG Investigation into Steady State Binaural Beat Stimulation*

No ano de 2012, um grupo de investigadores composto por Goodin et al. realizou uma pesquisa visando estudar se a escuta de batimentos binaurais afeta a capacidade de atenção de um indivíduo, medindo a performance dos mesmos através de tarefas de vigilância, verificando simultaneamente se essa escuta produz algum tipo de modificação na predominância de frequências específicas das ondas cerebrais e, por fim, se os traços de personalidade de cada indivíduo constituem um potencial de alteração dos dois fatores prévios. Estes últimos foram avaliados seguindo o *Five Factor Model* (McCrae & John, 1992). A experiência contemplou a participação de 31 sujeitos que foram expostos a

batimentos binaurais oscilando a 16 Hz, gama de frequências beta, e a 7 Hz, gama de frequências theta. Cada estímulo sonoro teve uma duração de 2 minutos e os estímulos compostos por batimentos binaurais foram sendo alternados com estímulos de apenas ruído branco, para efeitos de controlo. No término da experiência, Goodin et al. não analisaram quaisquer diferenças estatisticamente significativas ou relações entre a escuta de batimentos binaurais, independentemente da sua frequência de oscilação e de qualquer um dos parâmetros medidos. A equipa investigadora evidenciou então que uma exposição de tão curta duração ao fenómeno auditivo não é suficiente para desencadear algum tipo de efeito nos ouvintes, nem tampouco os traços de personalidade desses mesmos ouvintes induzem variações na forma como se processam os efeitos da escuta do fenómeno (Goodin et al., 2012).

2.5. Tons isocrónicos: uma visão geral

Os tons isocrónicos são o segundo método de estimulação de ondas cerebrais específicas tido em conta e analisado na presente dissertação. Destaca-se uma quantidade significativamente inferior de pesquisa e estudos científicos existentes sobre este método, comparativamente com o anteriormente analisado.

2.5.1. Contexto e características

Do mesmo modo que os batimentos binaurais, os tons isocrónicos são vistos como possuindo o potencial de afetar de diversas maneiras o funcionamento neuronal e, conseqüentemente, o estado de espírito, as sensações ou as capacidades de um indivíduo. Especificamente, esses tons consistem em curtos pulsos de uma única frequência intervalados por uma fração fixa de tempo (Huang & Charyton, 2008).

Os pulsos de som são idênticos em termos de frequência e amplitude na totalidade dos canais sonoros através dos quais sejam reproduzidos, não requerendo, como tal, uma condição de escuta binaural e que conduza exclusivamente o canal esquerdo para o ouvido esquerdo e vice-versa. Conseqüentemente, essa característica torna os tons

isocrônicos adequados para casos que requeiram uma escuta monaural de som, tais como indivíduos que apenas possuam a audição de um ouvido, sistemas reprodutores de som monofônicos ou, em extremo, quaisquer condições de escuta que, conforme referido previamente, não conduzam exclusivamente cada canal para cada ouvido.

Além desta vantagem, a escuta de tons isocrônicos é descrita por diversas fontes online como sendo substancialmente mais eficaz do que a de batimentos binaurais relativamente à influência exercida sobre o corpo e/ou mente de um indivíduo (“Binaural Beats don’t Work as Well as These Alternatives,” n.d.; “Entraining Tones and Binaural Beats - Mind Alive,” n.d.). A conjugação destes dois fatores confere uma elevada pertinência a estes tons, salientando a relevante necessidade de uma maior quantidade de estudos científicos que sustentem e validem o seu versátil e cómodo uso terapêutico.

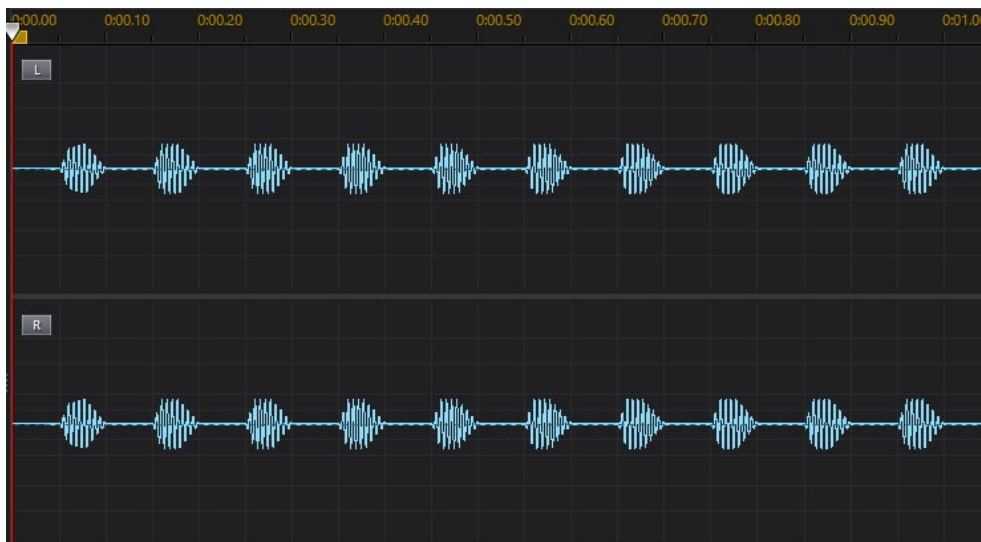


Figura 6: exemplo da forma de onda de tons isocrônicos pulsando a 10 Hz

Nesta figura retirada do website “Mind Amend”, podemos observar a forma de onda de tons isocrônicos a 10 Hz, portanto, 10 pulsos de som por segundo (Jason Lewis, 2016). A frequência da onda sonora que compõe cada pulso de som não é, no entanto, especificada, sendo incerta a existência de algum intervalo de frequências ou frequência específica ideal, à luz do conhecimento possuído na elaboração do presente trabalho.

Conforme previamente referido, a investigação científica sobre a temática dos tons isocrônicos é escassa. Foram, no entanto, recolhidos dois estudos conclusivos e relevantes sobre o tema, que são aqui analisados.

2.5.2. The application of audiostimulation and electromyographic biofeedback to bruxism and myofascial pain-dysfunction syndrome

No ano de 1981, a equipa investigadora composta por Manns et al. realizou uma experiência testando a eficácia da escuta de tons isocrónicos na redução de sintomas de dor relativa à fásia¹⁵, entre outros sintomas e disfunções, tais como tensão emocional, insónias e tonturas. Uma amostra de 33 sujeitos foi dividida em dois grupos, correspondendo o primeiro (n=14) aos que apresentavam os sintomas e disfunções há menos de um ano e o segundo (n=19) aos que os apresentavam há mais de um ano. Durante uma média de 14 sessões, os sujeitos foram expostos a tons isocrónicos em dois momentos diferentes, cada um com uma duração de 15 minutos, sendo-lhes efetuada uma medição eletromiográfica¹⁶. No término da experiência, os constituintes de ambos os grupos demonstraram o desaparecimento de uma quantidade significativa de sintomas e disfunções, apresentando igualmente grandes reduções nos restantes. Foram, por exemplo, notadas reduções de 100% em sintomas tais como insónia, tonturas, dores de cabeça e dores ao nível da articulação mandibular sendo, todavia, a redução da maioria dos sintomas menos exacerbada no segundo grupo. Tais resultados levaram a equipa investigadora a identificar na escuta de tons isocrónicos uma solução terapêutica promissora e digna de maior estudo (Manns, Miralles, & Adrián, 1981).

2.5.3. Isochronic Tones in the Schumann Resonance Frequency for the Treatment of Anxiety: A Descriptive Exploratory Study

Muito recentemente, no ano de 2017, um trabalho conduzido por Ray visou efetuar uma comparação entre os níveis de ansiedade, stress e humor de um grupo de 20 participantes, anterior e posteriormente à escuta de tons isocrónicos. Os participantes foram expostos a tons isocrónicos pulsando a uma frequência de 7,83 Hz, descrita como uma das frequências de ressonância de Schumann (Oschman, 2000). Foi utilizado o questionário *State-Trait Anxiety Inventory* (Spielberger et al., 1970), entre dois outros

¹⁵ Em anatomia, a fásia refere-se ao tecido fibroso que envolve, estabiliza e separa determinados conjuntos musculares e órgãos internos (Marieb & Hoehn, 2007).

¹⁶ A eletromiografia consiste numa técnica de medição da atividade elétrica do tecido muscular (Robertson, Caldwell, Hamill, Kamen, & Whittlesey, 2013).

questionários, juntamente com o preenchimento de registros diários, a fim de efetuar uma medição do grau de ansiedade e stress dos participantes. Após a conclusão do período de exposição aos sons, foi notada uma redução significativa dos principais parâmetros medidos pelos questionários, assim como uma melhoria considerável nas descrições dos sintomas fornecidas pelos sujeitos, notando ainda uma permanência dos efeitos durante duas a três horas após o cessamento do estímulo auditivo. Tais conclusões levaram o investigador a salientar aspetos positivos do uso terapêutico dos tons isocrónicos, tais como a possibilidade de serem escutados em quaisquer condições e com um custo de acesso extremamente reduzido, sem aparentes efeitos secundários ou perigos de uso, concluindo a necessidade da realização de estudos mais controlados e a uma maior escala (Ray, 2017).

Capítulo 3: Metodologia

O principal propósito do presente trabalho consiste em estudar a influência da exposição a estímulos auditivos contendo batimentos binaurais e/ou tons isocrónicos, visando esclarecer os parâmetros e condições ideais para a obtenção dos efeitos terapêuticos e/ou de bem-estar desejados, sejam estes de carácter calmante ou estimulante. A revisão da literatura efetuada no capítulo anterior leva-nos a considerar com um elevado grau de certeza a existência de efeitos reais e significativos passíveis de serem causados pela escuta desses estímulos auditivos. Como tal, foi então realizada uma experiência, híbrida entre semelhanças e divergências daquelas que foram analisadas na revisão da literatura, procurando clarificar que características dos estímulos conduzem a que efeitos.

3.1. Caracterização da amostra

A experiência contemplou a participação voluntária de 30 sujeitos (estudantes, professores, e investigadores) provenientes na totalidade da Universidade Católica Portuguesa, Centro Regional do Porto. Nenhum dos sujeitos tinha quaisquer anomalias conhecidas ao nível cognitivo ou do sistema auditivo. As características da amostra estão descritas na tabela 1.

Tabela 1: caracterização da amostra de sujeitos

Sexo masculino	23 sujeitos
Sexo feminino	7 sujeitos
Idade mínima – máxima	18 – 55 anos
Média das idades	26,40 anos
Desvio padrão das idades	8,13

Como se pode verificar, o grupo que integrou o estudo foi maioritariamente constituído por elementos do sexo masculino. Relativamente à média de idades, situou-se próxima dos 26 anos, com um desvio padrão de 8,13.

3.2. Conceito, conteúdo e objetivos

O conceito da experiência consistiu em materializar um método de investigação das características ideais de um estímulo acústico baseado em batimentos binaurais e/ou tons isocrónicos para a obtenção de dois efeitos desejados: o efeito calmante e o efeito estimulante.

As experiências analisadas na prévia revisão da literatura consistem em submeter uma amostra de sujeitos a estímulos acústicos previamente preparados, sejam batimentos binaurais, tons isocrónicos, ruído, música ou outros. Como tal, a pertinência da experiência efetuada no presente trabalho provém da inversão das características da mesma. Em vez de submeter os sujeitos a sons previamente preparados, são-lhes dadas ferramentas para eles próprios gerarem os sons em busca daqueles que lhes suscitem os efeitos desejados. Tal inversão da experiência permite realizar uma confrontação entre os parâmetros sonoros escolhidos livremente pelos participantes em busca da indução de determinados efeitos e os parâmetros impostos aos participantes nas experiências da literatura para induzir essas mesmas categorias de efeitos. Destaca-se, ainda, que não foi encontrado qualquer estudo ou experiência, tendo como referência a totalidade da literatura recolhida para o presente trabalho, que utilize em simultâneo estímulos sonoros compostos por batimentos binaurais e tons isocrónicos, algo que é explorado nesta experimentação.

Previamente à realização da experiência, foi efetuado um protótipo da mesma, submetido a uma amostra de 5 sujeitos. O protótipo contemplou 4 efeitos que os sujeitos deviam obter através da escuta dos estímulos sonoros, dois de carácter calmante e dois de carácter estimulante. Foi notada uma dificuldade significativa por parte dos sujeitos em encontrar os parâmetros sonoros que suscitasse esses efeitos e, sobretudo, com o grau de especificidade pedido, pelo que, na experiência final, os efeitos a obter, além de em menor quantidade, foram também mantidos mais abrangentes, de modo a facilitar o seu

encontro por parte dos sujeitos. Ademais, é relevante notar ainda que uma elevada abrangência dos efeitos confere uma maior unidade aos resultados, dado existir com relativa facilidade um consenso sobre parâmetros subjetivos abrangentes, não sendo o caso quando estes são mais específicos. Como tal, conferir uma maior especificidade aos efeitos desejados poderia surtir uma maior precisão das características procuradas nos estímulos sonoros, no entanto, simultaneamente, dificultaria significativamente a tarefa dos sujeitos na experiência, introduzindo igualmente uma maior incerteza pela flutuação das interpretações subjetivas desses mesmos efeitos, pelo que se optou por manter um elevado grau de abrangência nos efeitos procurados.

O objetivo da experiência consistiu então em investigar a existência de tendências nas características dos estímulos sonoros assignadas à obtenção de cada efeito desejado, realizando posteriormente uma comparação entre essas tendências notadas e os resultados das experiências analisadas no capítulo 2 do presente trabalho.

3.3. Material e métodos

A experiência foi realizada em vários dias interpolados, ao longo dos meses de maio e junho 2018, entre as 11 e as 18 horas, nas instalações da Escola das Artes da Universidade Católica Portuguesa. Foi escolhida uma sala insonorizada e com luz ténue para a totalidade da realização da experiência. Nessa sala, foi posto à disposição dos sujeitos um gerador interativo de estímulos acústicos através do qual foi recolhida a informação obtida dos sujeitos. O gerador foi concebido e construído de raiz para o efeito (consultar apêndice A). A experiência contemplou os materiais, *hardware* e *software*, incluídos na tabela 2.

Tabela 2: listagem dos materiais (*hardware* e *software*) utilizados

<i>Hardware</i>	- Computador MacBook Pro - Interface AKAI MIDImix - Auscultadores Sennheiser HD6 Mix
<i>Software</i>	- <i>Patcher</i> de Max (versão 7.0.0 para macOS)

A interface e os auscultadores foram conectados ao computador que, por sua vez, continha o *software* em funcionamento. Na interface, foi colado um molde em papel branco para indicar aos sujeitos quais os controlos em funcionamento, estando os restantes inativos. Estes materiais foram colocados numa mesa e os sujeitos foram sentados numa cadeira em frente a estes últimos, acedendo-lhes confortavelmente. A figura 7 ilustra a disposição conferida aos materiais.



Figura 7: colagem de 4 fotografias de um sujeito a realizar a experiência

A experiência foi realizada individualmente e consistiu em dar duas tarefas aos sujeitos: através da manipulação da interface controladora do gerador de estímulos acústicos, encontrar uma combinação de parâmetros que induzisse um efeito calmante (descrito como “calma, relaxamento, serenidade mental”) e, de seguida, uma que induzisse um efeito estimulante (descrito como “concentração, cafeína virtual, estímulo mental”). Quando estes encontravam a sua combinação específica de parâmetros que

induzia o efeito em questão, as coordenadas dessa combinação eram gravadas no sistema, conferindo assim duas séries de coordenadas por sujeito.

Relativamente ao procedimento da experiência, cada sujeito foi recebido individualmente na sala previamente referida, decorrendo o mesmo procedimento para a totalidade da amostra. Foi feita uma breve explicação oral das tarefas que devia realizar e do objetivo geral da experiência, não sendo fornecidos quaisquer detalhes sobre as características que os parâmetros do gerador deveriam ter para obter os efeitos desejados. Após a explicação, o sujeito sentou-se diante do sistema montado e preencheu uma ficha (consultar apêndice B) onde inseriu as informações pessoais de sexo e idade, assim como de data e hora do momento do preenchimento da ficha, para efeitos de referência. Não foi associado o nome dos sujeitos a cada instância preenchida, de modo a conferir anonimato à experiência e dado não constituir uma informação relevante. De seguida, o sujeito procedeu à leitura de um texto incluído na mesma ficha, que complementou a explicação momentos antes feita oralmente e que contemplou, com destaque, as duas tarefas da experiência para que estas estivessem presentes em permanência no seu foco durante a totalidade da realização da mesma. Foram então esclarecidas quaisquer dúvidas colocadas e dado início à experiência, cuja duração rondou os 10 minutos por sujeito. Não foi imposto qualquer limite de tempo para a realização da totalidade da experiência. O ecrã do computador exibiu uma janela que mostrava os parâmetros do gerador controláveis a partir da interface, conforme demonstrado na figura 8.

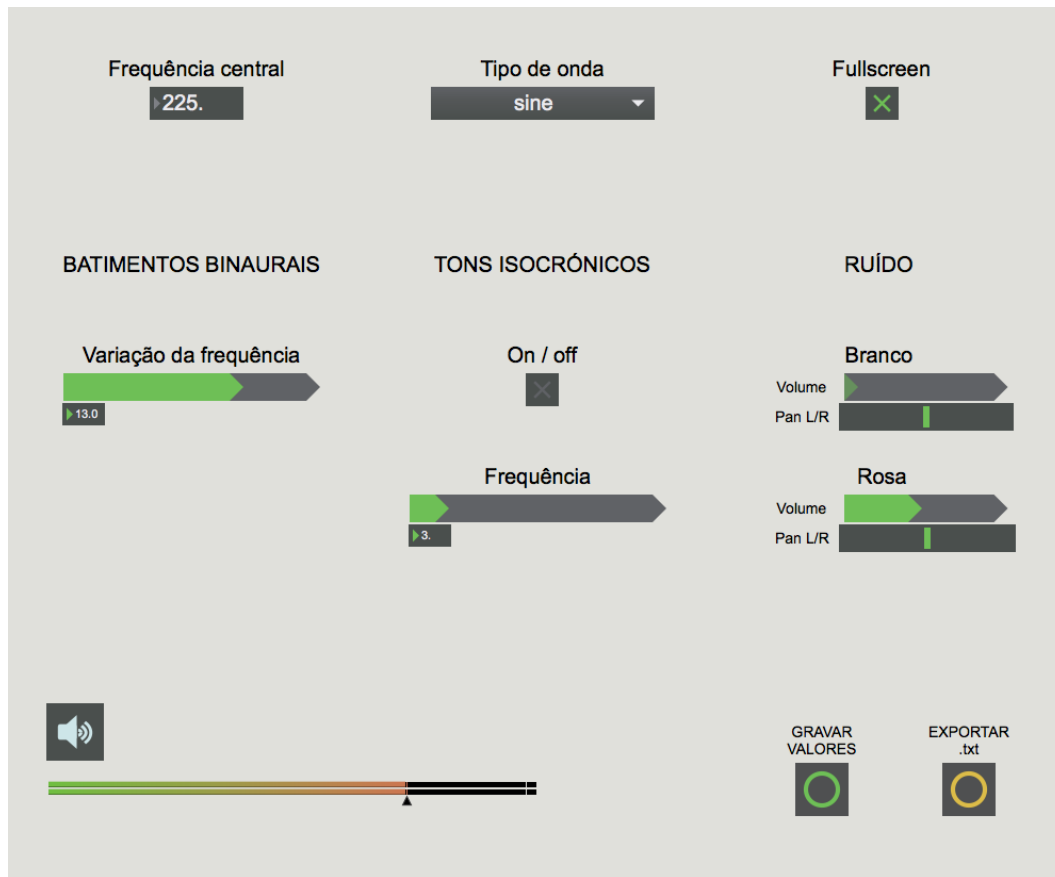


Figura 8: *screenshot* do conteúdo exibido no computador durante a experiência

Terminadas as duas tarefas, foi feito um *reset* ao *software* e os parâmetros colocados nas suas posições de partida, iguais para todos os sujeitos quando iniciaram a experiência. O sistema estava então, neste ponto, pronto a receber a participação de um novo sujeito.

3.4. Parâmetros sonoros

Relativamente aos parâmetros sonoros controláveis a partir da interface, foi um total de 10 que compõem a interface sonora, conforme descrito na tabela 3.

Tabela 3: descrição dos parâmetros controláveis, extensão e precisão dos mesmos e respectivo tipo de interface

Parâmetro	Extensão (e precisão)	Interface
Frequência central	50 – 500 Hz (3 Hz)	Potenciômetro rotativo
Forma de onda	Sinusoidal, triangular, em serra, quadrada	Potenciômetro rotativo
Frequência dos batimentos binaurais	0 – 20 Hz (0,16 Hz)	Potenciômetro rotativo
Tons isocrônicos <i>on / off</i>	Ligado, desligado	Botão <i>on / off</i>
Frequência dos tons isocrônicos	1 – 20 Hz (0,15 Hz)	Potenciômetro rotativo
Amplitude sonora dos batimentos binaurais e tons isocrônicos	-70 – -6 dB (1 dB)	Potenciômetro deslizante
Amplitude sonora do ruído branco	-70 – -21 dB (1 dB)	Potenciômetro deslizante
Panorâmica estereofônica do ruído branco	0 – 127 (1)	Potenciômetro rotativo
Amplitude sonora do ruído rosa	-70 – -7 dB (1 dB)	Potenciômetro deslizante
Panorâmica estereofônica do ruído rosa	0 – 127 (1)	Potenciômetro rotativo

A “frequência central” corresponde à frequência da onda sonora a partir da qual são gerados batimentos binaurais e/ou tons isocrônicos. Para, por exemplo, batimentos binaurais compostos por uma onda sonora a 120 Hz no canal esquerdo e a 130 Hz no direito, a frequência central é de 125 Hz (com 10 Hz no parâmetro “variação da frequência dos batimentos binaurais”). A “forma de onda” corresponde à forma da onda sonora a partir da qual são gerados batimentos binaurais e/ou tons isocrônicos. A “frequência dos batimentos binaurais” regula a extensão da diferença entre a frequência da onda sonora do canal esquerdo e do direito e, quando colocado a zero, anula qualquer diferença de frequência entre os dois canais, tornando a interface num simples gerador monofônico de ondas sonoras. Os “tons isocrônicos *on / off*” correspondem à presença ou ausência de tons isocrônicos na onda sonora a partir da qual são também obtidos os batimentos binaurais. A “frequência dos tons isocrônicos” regula a frequência dos pulsos conferidos à onda sonora referida. A “amplitude sonora dos batimentos binaurais e tons isocrônicos” corresponde à amplitude (*loudness*) da onda sonora a partir da qual são

obtidos batimentos binaurais e/ou tons isocrônicos. A “amplitude sonora do ruído branco” corresponde ao que já de si indica e a “panorâmica estereofónica do ruído branco” ao seu controlo de panorâmica no campo estereofónico. O mesmo se aplica à “amplitude sonora do ruído rosa” e à “panorâmica estereofónica do ruído rosa”, respetivamente.

A inclusão da possibilidade de colocar ruído branco e rosa como estímulos acústicos deveu-se ao facto de, na literatura recolhida para o presente trabalho, ser frequente a inclusão de ruídos, entre outros estímulos acústicos, enquanto técnica de mascaramento dos batimentos binaurais com o intuito de facilitar a escuta de quem possa sentir algum tipo de incómodo ao escutar os sons isoladamente. Igualmente, a escuta de ruído rosa, em particular, é vista como possuindo propriedades calmantes (Suzuki, Kawada, Ogawa, & Aoki, 1991; Zhou et al., 2012). É ainda de notar, por fim, que os três controlos de amplitude mencionados funcionaram independentemente uns dos outros e sem interação mútua – como tal, por exemplo, foi possível retirar por completo a amplitude da onda sonora geradora de batimentos binaurais e/ou tons isocrônicos, mantendo todavia as restantes amplitudes conforme desejado, obtendo assim um estímulo acústico exclusivamente composto por ruído branco, rosa ou ambos.

3.5. Estratégias de análise estatística

Foram recolhidas duas séries de coordenadas por cada sujeito, correspondendo a primeira aos parâmetros assignados para a criação de uma conjugação de estímulos acústicos indutores de um efeito calmante e, a segunda, àqueles assignados para a indução de um efeito estimulante. Tal procedimento conduziu, no termo da experiência, a um total de 60 instâncias, 30 para cada efeito. Para então efetuar uma correta interpretação dos dados recolhidos, foi necessário recorrer a um leque de análises estatísticas.

Foi calculada, num primeiro ponto, a média e o desvio padrão dos parâmetros de valores contínuos “frequência central”, “frequência dos batimentos binaurais” e “frequência dos tons isocrônicos”; estes resultados são apresentados em diversas representações gráficas devido às diferenças na extensão dos valores de cada parâmetro. Num segundo ponto, foi contada a frequência de ocorrência dos parâmetros de valores discretos “forma de onda” e “tons isocrônicos *on/off*”; nesta última análise, é tida em

conta a percentagem de ocorrência de cada uma das 4 formas de onda, assim como apenas a percentagem de ocorrência dos “tons isocrónicos *on*” (ativos), uma vez que a sua ocorrência de inatividade corresponde à diferença entre a totalidade de instâncias e as instâncias correspondentes ao estado ativo. Por fim, num terceiro ponto, foi contada a frequência de presença e ausência dos dois estímulos acústicos à disposição dos sujeitos: “som base”, correspondendo à onda sonora a partir da qual são obtidos batimentos binaurais e tons isocrónicos, e “ruídos”, correspondendo a algum ou a ambos os ruídos, branco e rosa; para tal, foi considerado ausente um “som base” registado como inferior a -60 dB, um ruído branco inferior a -67 dB e um ruído rosa inferior a -64 dB, sendo os “ruídos” considerados presentes quando pelo menos um dos ruídos referidos estava dentro do seu respetivo intervalo considerado como presente.

Destaca-se que, para os cálculos relativos à “frequência dos tons isocrónicos”, foram apenas contempladas as instâncias em que estes se encontravam em estado ativo (“tons isocrónicos *on*”), dado a sua inatividade tornar irrelevante o parâmetro de frequência assignado.

Capítulo 4: Resultados e Discussão

No presente capítulo, apresenta-se a análise estatística dos dados resultantes da experiência prática efetuada no contexto desta dissertação, assim como a discussão da mesma, em perspectiva com as prévias análises efetuadas na revisão da literatura. São evidenciadas as convergências e divergências entre ambas as partes, simultaneamente destacando os contributos originais da presente investigação. A totalidade dos dados recolhidos consta no apêndice C, sendo aqui apenas descrita a análise e discussão dos mesmos.

4.1. Parâmetros contínuos

Neste ponto, é feita a análise dos parâmetros contínuos, separadamente para cada frequência, após a apresentação das tabelas 4 e 5, assim como das figuras 9, 10 e 11.

Tabela 4: média e desvio padrão dos parâmetros contínuos relativos ao efeito calmante

Parâmetro	Média	Desvio padrão
Frequência central	173,97	101,03
Frequência dos batimentos binaurais	3,52	3,07
Frequência dos tons isocrónicos	5,19	4,52

Tabela 5: média e desvio padrão dos parâmetros contínuos relativos ao efeito estimulante

Parâmetro	Média	Desvio padrão
Frequência central	221,47	121,86
Frequência dos batimentos binaurais	8,53	4,5
Frequência dos tons isocrónicos	8,37	5,53

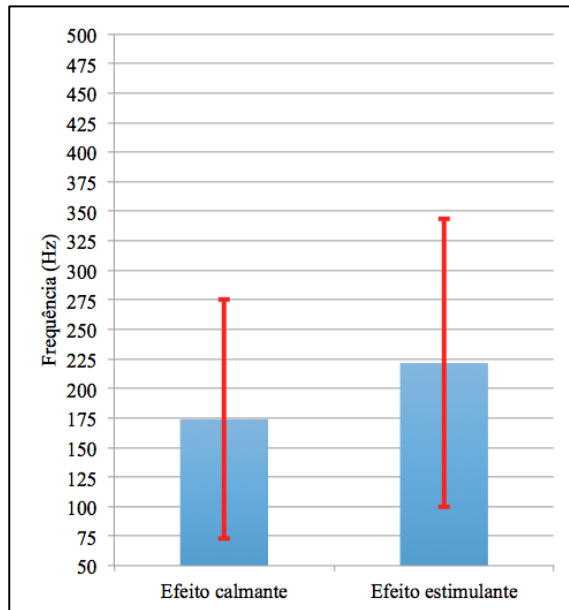


Figura 9: representação gráfica da média e desvio padrão do parâmetro “frequência central”

A representação gráfica acima exibida (figura 9) ilustra a média e o desvio padrão dos resultados do parâmetro “frequência central” para o efeito calmante e estimulante. O eixo vertical engloba o leque total de possibilidade de valores, do mínimo (50 Hz) ao máximo (500 Hz). A barra azul constitui a média e a barra vermelha o desvio padrão.

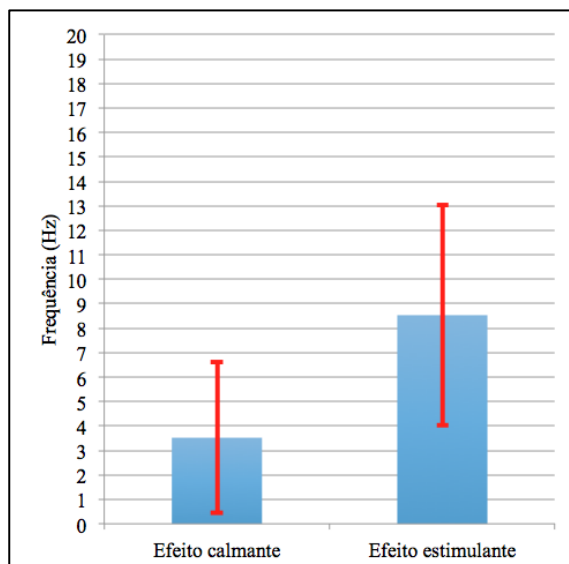


Figura 10: representação gráfica da média e desvio padrão do parâmetro “frequência dos batimentos binaurais”

A representação gráfica acima apresentada (figura 10) mostra a média e o desvio padrão dos resultados do parâmetro “frequência dos batimentos binaurais” para o efeito calmante e estimulante. O eixo vertical engloba o leque total de possibilidade de valores, do mínimo (0 Hz) ao máximo (20 Hz). A barra azul constitui a média e a barra vermelha o desvio padrão.

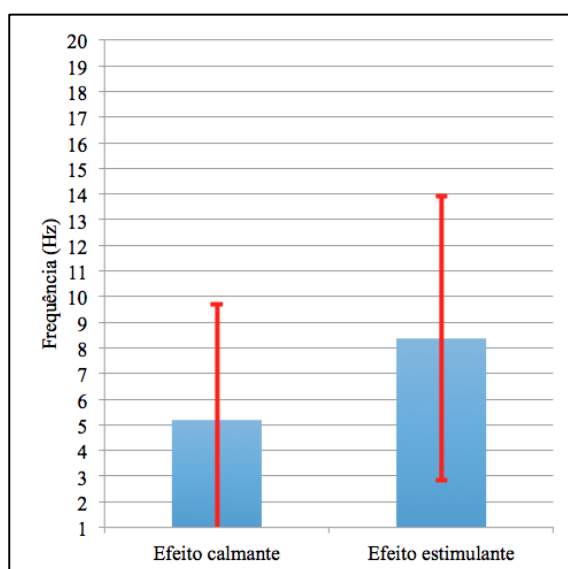


Figura 11: representação gráfica da média e desvio padrão do parâmetro “frequência dos tons isocrônicos”

A representação gráfica mostrada acima (figura 11) expõe a média e o desvio padrão dos resultados do parâmetro “frequência dos tons isocrônicos” para o efeito calmante e estimulante. O eixo vertical engloba o leque total de possibilidade de valores, do mínimo (1 Hz) ao máximo (20 Hz). A barra azul constitui a média e a barra vermelha o desvio padrão.

Em primeiro lugar, observamos o parâmetro “frequência central”, presente nas tabelas 4 e 5, assim como na representação gráfica na figura 9 e que corresponde à frequência da onda sonora a partir da qual são gerados batimentos binaurais e/ou tons isocrônicos. Constata-se uma média de 173,97 Hz no efeito calmante, em contraste com uma média de 221,47 Hz no efeito estimulante, com um desvio padrão de 101,03 e 121,86 respectivamente. Observa-se um aumento de 47,5 Hz da média da frequência do efeito calmante para o efeito estimulante.

Tais resultados mostram uma tendência na preferência de uma frequência mais elevada para alcançar o efeito estimulante, comparativamente com o efeito calmante. Trata-se, no entanto, de uma tendência com um alto grau de incerteza conferido pelo desvio padrão significativamente elevado para os dois efeitos, algo que, por sua vez, demonstra uma grande heterogeneidade nas escolhas deste parâmetro por parte dos sujeitos. Destaca-se a ausência de dados significativos sobre a influência deste parâmetro na literatura previamente analisada, onde nas experiências é apenas escolhida uma frequência central fixa e o enfoque é conferido à frequência dos batimentos binaurais ou tons isocrônicos. No entanto é, ainda assim, de notar as escolhas de 250 Hz no estudo de Jirakittayakorn e Wongsawat (2017) (para a indução de um efeito calmante, ponto 2.2.5.) e 340 Hz na experiência de Reedijk et al. (2013) (para a indução de um efeito estimulante, ponto 2.3.3.). É, nestes dois exemplos, observável a escolha de uma frequência mais elevada para a indução de um efeito estimulante do que aquela escolhida para o efeito calmante, todavia, tais dados não destacam quaisquer tendências visto serem apenas dois, não representando uma amostra suficiente. É relevante, ainda assim, destacar que a tendência observada na experiência da presente dissertação está em sintonia com essas escolhas observadas, ainda que estatisticamente pouco significativas, algo que leva a pôr a hipótese de frequências mais altas serem mais eficazes a estimular a mente e, por sua vez, frequências mais baixas serem preferíveis para a indução de um estado de calma ou promoção do relaxamento.

Em segundo lugar, observamos o parâmetro “frequência dos batimentos binaurais”, presente nas tabelas 4 e 5, assim como na representação gráfica na figura 10 e que define a frequência da oscilação dos batimentos escutados. Constata-se uma média de 3,52 Hz para o efeito calmante, em contraste com uma média de 8,53 Hz para o efeito estimulante, com um desvio padrão de 3,07 e 4,5 respectivamente. Verifica-se um aumento de 5,01 Hz da média da frequência no efeito calmante para o efeito estimulante, todavia, e à semelhança do parâmetro anterior, com um desvio padrão elevado para ambos os efeitos.

Tais resultados evidenciam, ainda que com heterogeneidade, uma tendência na preferência de uma frequência de batimentos binaurais mais lenta para o alcance de um efeito calmante, comparativamente com o estimulante, onde é observável uma preferência por uma frequência mais rápida. Este é o parâmetro mais estudado na literatura previamente analisada e a informação obtida dessa análise coincide com os resultados aqui obtidos. Nas experiências visando a indução de um efeito calmante, as frequências

de oscilação escolhidas para os batimentos binaurais situam-se todas nas gamas de frequências mais lentas, delta (Le Scouranec et al. (2001) no ponto 2.2.1. e Padmanabhan et al. (2005) no ponto 2.2.2.) e theta (Le Scouranec et al. (2001) no ponto 2.2.1., McConnell et al. (2014) no ponto 2.2.3., Molina et al. (2014) no ponto 2.2.4. e Jirakittayakorn e Wongsawat (2017) no ponto 2.2.5.); a frequência média desta experiência, relativa ao efeito calmante, está justamente situada na fronteira entre as gamas de frequências delta e theta. Nas pesquisas visando a indução de um efeito estimulante, esse efeito foi obtido com sucesso perante a escuta de batimentos binaurais situados em múltiplas gamas de frequências, desde theta (Fernández et al. (2008) no ponto 2.3.2.) a alfa (Kraus e Porubanová (2015) no ponto 2.3.4.) e beta (Lane et al. (1998) no ponto 2.3.1. e Beauchene et al. (2016) no ponto 2.3.5.), cada qual promovendo diversos tipos de estimulação; a frequência média da presente experiência, relativa ao efeito estimulante, está situada no princípio da gama de frequências alfa. A constatação de tais dados, em harmonia com aqueles fornecidos pela literatura, leva a adiantar a hipótese de que batimentos binaurais oscilando nas gamas de frequências delta e theta são eficazes na indução de um efeito calmante, assim como oscilando na gama de frequências alfa (podendo descer até theta e subir até beta) são eficazes na indução de um efeito estimulante. Naturalmente, esses efeitos podem tomar múltiplas formas e agir de modos distintos, tais como um ansiolítico ou um analgésico para o efeito calmante e um promotor da memória de trabalho ou da concentração e capacidade de processamento cerebral para o efeito estimulante. Como tal, é possível extrapolar, com base na totalidade da informação recolhida, que cada gama de frequências tem uma capacidade distinta de indução de efeitos, com um grau de especificidade potencialmente elevado. Não é ainda correto afirmar que gamas de frequências induzem determinados efeitos específicos, dada a necessidade de mais estudos científicos sobre a matéria, no entanto, perante o estado da arte atual, é nítido que esses efeitos variam dentro da sua categoria, calmante ou estimulante, dependendo da gama de frequências em questão.

Por fim, em terceiro lugar, observamos o parâmetro “frequência dos tons isocrônicos”, presente nas tabelas 4 e 5, assim como na representação gráfica na figura 11, que define a frequência dos pulsos escutados quando os tons isocrônicos se encontram *on* (ativos). Constata-se uma média de 5,19 Hz para o efeito calmante e 8,37 Hz para o efeito estimulante, cada qual com um desvio padrão associado de 4,52 e 5,53 respetivamente. Observa-se um aumento de 3,18 Hz da média da frequência no efeito

calmante para o efeito estimulante, todavia, e à semelhança dos dois parâmetros anteriores, com um desvio padrão elevado para ambos os efeitos.

Tais resultados apresentam semelhanças com os anteriormente encontrados para o parâmetro “frequência dos batimentos binaurais”; a escolha de frequências mais lentas para a indução de um efeito calmante e mais rápidas para um efeito estimulante, correspondendo, neste caso, à gama de frequências theta para o efeito calmante e alfa para o efeito estimulante. De novo, são resultados que demonstram coerência com as sugestões e hipóteses apresentadas pela literatura analisada, no entanto, perante a escassez de estudos científicos sobre os tons isocrônicos, é necessária uma ponte com as análises sobre batimentos binaurais; parece ser correto estabelecer essa relação, uma vez que o método cerebral de funcionamento é idêntico para ambos (a sincronização rítmica das ondas cerebrais com um estímulo externo, conhecida por *brainwave entrainment*). Estabelecendo então essa ponte, é possível extrapolar o mesmo sobre estes resultados do que o que foi extrapolado sobre os do parâmetro anterior. Todavia, é relevante destacar que, conforme referido anteriormente, para os cálculos da média e desvio padrão deste parâmetro, foram apenas consideradas as instâncias em que os tons isocrônicos se encontravam *on* (ativos), correspondendo apenas a 10% (3 instâncias) para o efeito calmante e 63,33% (19 instâncias) para o efeito estimulante, constituindo, particularmente para o efeito calmante, dados estatisticamente insignificantes; é então, sobre os tons isocrônicos, mais relevante analisar a sua frequência de ocorrência conforme é feito no ponto seguinte (4.2.). Salienta-se, por fim, e com especial destaque para os tons isocrônicos, a necessidade de uma pesquisa científica mais alargada e aprofundada.

4.2. Parâmetros discretos

Neste ponto, é feita a análise dos parâmetros discretos, separadamente para as formas de onda e para os tons isocrônicos ativos, após a apresentação das tabelas 6 e 7, assim como da figura 12.

Tabela 6: ocorrência dos parâmetros discretos relativos ao efeito calmante

Parâmetro	Ocorrência (%)
Forma de onda: sinusoidal	83,33
Forma de onda: triangular	13,33
Forma de onda: em serra	3,33
Forma de onda: quadrada	0
Tons isocrônicos <i>on</i> (ativos)	10

Tabela 7: ocorrência dos parâmetros discretos relativos ao efeito estimulante

Parâmetro	Ocorrência (%)
Forma de onda: sinusoidal	43,33
Forma de onda: triangular	30
Forma de onda: em serra	16,67
Forma de onda: quadrada	10
Tons isocrônicos <i>on</i> (ativos)	63,33

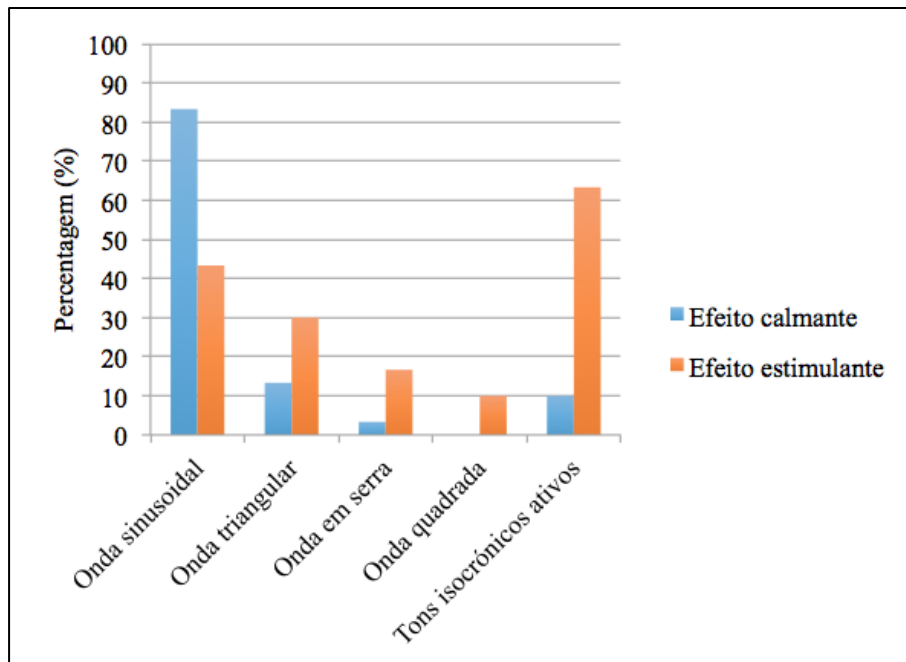


Figura 12: representação gráfica da porcentagem de ocorrência dos parâmetros discretos

A representação gráfica acima exibida (figura 12) ilustra a porcentagem de ocorrência de cada escolha do parâmetro “forma de onda”, assim como dos tons

isocrónicos *on* (ativos) para o efeito calmante e estimulante. As barras azuis referem-se ao efeito calmante e as laranja ao efeito estimulante.

A única forma de onda utilizada nos estímulos acústicos dados aos sujeitos na totalidade das experiências analisadas na revisão da literatura é a forma sinusoidal. Por esse facto, para a experiência aqui realizada, foi dada a escolha aos sujeitos relativamente a 4 formas de onda genéricas, podendo assim analisar as escolhas destes relativamente ao parâmetro quando tendo várias opções. Constata-se uma ocorrência de 83,33% da forma de onda sinusoidal no efeito calmante e 43,33% no efeito estimulante, sendo, por isso, sempre a escolha favorita dos sujeitos para ambos os efeitos, especialmente o efeito calmante. Nesse efeito, constata-se uma muito elevada concentração dos resultados na forma de onda sinusoidal, com apenas 16,66% nas restantes 3 formas de onda disponíveis; já no efeito estimulante, é notada uma maior dispersão das escolhas, com uma percentagem superior das 3 formas de onda alternativas somadas à forma sinusoidal. Põe-se, como tal, a hipótese da forma de onda sinusoidal ser preferível para a indução de um efeito calmante, não só pelos resultados obtidos nesta experiência, como também pelo facto previamente referido de se tratar da única forma de onda utilizada na totalidade das experiências analisadas na revisão da literatura. Simultaneamente, desvela-se a possibilidade de, face aos resultados obtidos no efeito estimulante, existir pertinência no uso de formas de onda alternativas à sinusoidal, facto que requer estudo científico.

Relativamente à ocorrência da escolha de ter os tons isocrónicos ativos para o alcance de um efeito calmante ou estimulante, constata-se um contraste evidente entre a percentagem da escolha nos dois efeitos, com 10% no efeito calmante e 63,33% no efeito estimulante. Tais resultados levam a admitir a hipótese da inclusão de tons isocrónicos nos estímulos acústicos ser preferível quando o objetivo é o de obter algum tipo de efeito estimulante. Trata-se de uma suposição plausível, visto os tons isocrónicos serem auditivamente mais agressivos do que os batimentos binaurais, cuja amplitude apenas varia suavemente, em oposição aos pulsos variando rapidamente entre silêncio e som, criando um efeito substancialmente mais áspero, pouco adaptado à indução de efeitos calmantes e notoriamente mais adaptado a uma estimulação. Salienta-se, todavia, que o método cerebral de funcionamento relativamente ao *brainwave entrainment* funciona do mesmo modo nos batimentos binaurais e nos tons isocrónicos, pelo que apenas se põe a hipótese de ser a rudeza destes últimos que os torna menos apetecíveis para o alcance de um efeito calmante, particularmente quando dadas as duas opções aos sujeitos. Não existe qualquer tipo de informação sobre preferências entre batimentos binaurais e tons

isocrônicos relativamente a qualquer efeito, uma vez que nenhuma das experiências contempladas na revisão da literatura combina, discute ou compara na prática os dois estímulos auditivos. Destaca-se, como tal, a necessidade de estudos científicos que contemplem, de algum modo, os dois estímulos, assignando funções e características ideais a cada um para o alcance de efeitos específicos.

4.3. Presença dos estímulos acústicos

Neste ponto, é feita a análise da presença dos estímulos acústicos após a apresentação das tabelas 8 e 9, assim como da figura 13.

Tabela 8: presença dos estímulos acústicos relativos ao efeito calmante

Estímulo acústico	Ocorrência (%)
Som base e ruídos	86,67
Apenas som base	10
Apenas ruídos	3,33
Ausência de ambos	0

Tabela 9: presença dos estímulos acústicos relativos ao efeito estimulante

Estímulo acústico	Ocorrência (%)
Som base e ruídos	70
Apenas som base	26,67
Apenas ruídos	0
Ausência de ambos	3,33

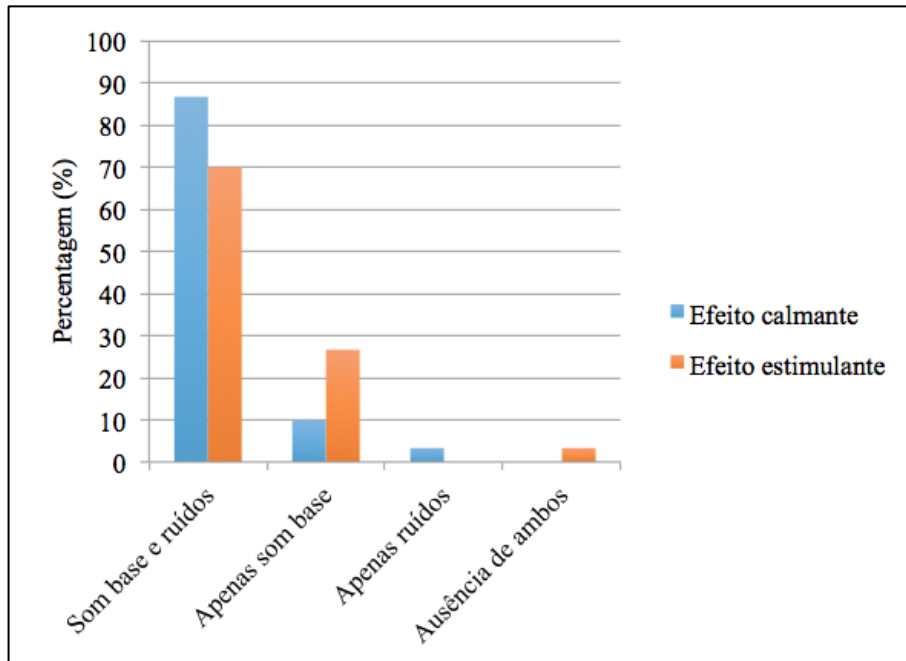


Figura 13: representação gráfica da porcentagem de presença dos estímulos acústicos

A representação gráfica acima exposta (figura 13) ilustra a porcentagem de presença dos dois estímulos acústicos postos à disposição dos sujeitos no gerador. Em concordância com a figura anterior, as barras azuis referem-se ao efeito calmante e as laranja ao efeito estimulante.

Foram dados controlos independentes de amplitude do “som base” – a onda sonora a partir da qual se obtêm os batimentos binaurais e os tons isocrônicos (onda de base) – e dos “ruídos” – os ruídos branco e rosa. Com tais controlos, os sujeitos puderam regular as amplitudes de cada um dos estímulos e daí obter 4 combinações possíveis. Conforme explicado previamente no ponto 3.5., é considerado presente um estímulo cuja amplitude esteja acima do seu limite especificado, sendo considerado ausente quando abaixo desse limite. A primeira combinação é então “som base e ruídos”, obtida quando ambos os estímulos estão presentes, gerando assim uma mistura entre a onda de base e ruído branco, rosa ou ambos; a segunda é a combinação “apenas som base”, obtida quando a amplitude da onda de base está presente e a de ambos os ruídos ausente; a terceira é a combinação “apenas ruídos”, obtida quando pelo menos um dos ruídos está presente e a onda de base ausente; a quarta é a combinação “ausência de ambos”, obtida quando a totalidade dos estímulos está ausente.

Constata-se, de imediato e em primeiro lugar, uma notória preferência por “som base e ruídos”, quer para o efeito calmante, quer para o efeito estimulante. No efeito calmante, observa-se uma presença de “apenas som base” de 10% (3 instâncias), “apenas ruídos” de 3,33% (1 instância) e uma presença nula de “ausência de ambos”. Por sua vez, no efeito estimulante, observa-se uma presença de “apenas som base” de 26,67% (8 instâncias), uma presença nula de “apenas ruídos” e uma presença de “ausência de ambos” de 3,33% (1 instância). Tais resultados demonstram percentagens insignificativas, em ambos os efeitos, para “apenas ruídos” e “ausência de ambos”, evidenciando assim uma preferência pela inclusão da onda de base. No entanto, essa inclusão é igualmente preferida juntamente com a presença de ruídos, facto que coincide com os procedimentos das experiências de Lane et al. (1998) (ponto 2.3.1., recorrendo a ruído rosa), Wahbeh et al. (2007) (ponto 2.4.1., igualmente a ruído rosa), Reedijk et al. (2013) (ponto 2.3.3., recorrendo a ruído branco), Kraus e Porubanová (2015) (ponto 2.3.4., recorrendo ao som do mar) e Le Scouranec et al. (2001) (ponto 2.2.1., recorrendo a música); são, todavia, mais frequentes as experiências que contemplam apenas batimentos binaurais ou tons isocrónicos, sem a combinação de outros estímulos, algo que não vai ao encontro da tendência geral das preferências dos sujeitos desta experiência.

Estes resultados conduzem a levantar a hipótese de uma maior eficácia ou tolerância da escuta de batimentos binaurais e/ou tons isocrónicos quando combinados com outros estímulos acústicos contínuos, tais como ruído branco ou rosa, despertando a inclusão deste último particular interesse pelas suas propriedades calmantes, conforme referido no ponto 3.4., quando o propósito da escuta seja o de obter algum tipo de efeito dessa categoria. Em particular, a escuta de tons isocrónicos, pela sua intermitência abrupta entre som e silêncio resultando numa maior aspereza auditiva, tem o potencial de beneficiar da inclusão de outros estímulos contínuos, reduzindo assim o carácter mais desagradável da sua escuta.

Capítulo 5: Conclusões

A presente dissertação de mestrado centrou-se na exploração de dois fenómenos, os batimentos binaurais e os tons isocrónicos, e propôs-se estudar a influência destes no corpo humano. Em especial, foi procurado clarificar as características necessárias de um estímulo auditivo desta categoria para desencadear efeitos específicos ao nível do ouvinte. A realização de uma experiência permitiu esclarecer um leque de aspetos chave sobre a escuta dos fenómenos, confrontando os resultados obtidos com a revisão da literatura previamente efetuada e fornecendo hipóteses de resposta às problemáticas iniciais.

Foram dadas ferramentas a um grupo de 30 sujeitos para gerarem estímulos auditivos compostos pelos fenómenos de estudo deste trabalho, com base em dois objetivos: através da escuta dos sons, alcançar um efeito subjetivamente calmante num primeiro momento e, num segundo momento, subjetivamente estimulante. Constataram-se divergências entre os resultados obtidos para cada efeito ao nível de parâmetros contínuos – frequência dos batimentos binaurais, dos tons isocrónicos e da onda sonora geradora dos fenómenos – assim como de parâmetros discretos – forma de onda e uso ativo de tons isocrónicos – e da presença dos estímulos acústicos postos à disposição dos sujeitos – onda de base, ruído branco e ruído rosa.

Em particular, notou-se, do efeito calmante para o estimulante, uma preferência de frequências da onda de base, dos batimentos binaurais e dos tons isocrónicos mais elevadas, corroborando a matéria dos casos analisados na literatura. Notou-se igualmente uma prevalência da forma de onda sinusoidal em ambos os efeitos, assim como um uso ativo de tons isocrónicos muito superior no efeito estimulante, relativamente ao efeito calmante, o que permite extrapolar uma maior eficácia dos tons isocrónicos para efeitos estimulantes. Notou-se, por fim, uma preferência em combinar a onda de base juntamente com os ruídos branco e/ou rosa, manifestando pertinência na utilização de sons contínuos acompanhando a escuta de batimentos binaurais e tons isocrónicos, algo contemplado em diversos casos encontrados na literatura. Tais resultados evidenciam sobretudo e sem equívoco a existência de tendências nas preferências das características dos estímulos auditivos relativamente a cada um dos efeitos.

É pertinente destacar ainda algumas limitações encontradas, nomeadamente ao nível da amostra dos sujeitos constituintes da experiência e das características metodológicas da mesma. Uma amostra mais alargada poderia conferir margens de erro menores aos resultados, robustecendo-os; é incerto se o facto de um sujeito possuir conhecimentos de som e acústica afeta de algum modo os resultados por ele obtidos; para poder quantificar a influência calmante e estimulante dos sons gerados pelos sujeitos, teria sido necessário um questionário anterior e posterior a cada escuta, todavia, não foi o foco da experiência estabelecer essa quantificação, apenas clarificar as características dos estímulos para a indução de efeitos específicos.

Por fim, reforça-se a necessidade de estudos científicos mais alargados e aprofundados sobre a matéria para então ser possível retirar conclusões definitivas sobre as características dos estímulos para a obtenção de efeitos específicos. Será necessária a realização de experiências deste tipo a uma maior escala, refinando os parâmetros sonoros colocados à disposição dos sujeitos e contemplando uma posterior *principal component analysis*, entre outros métodos avançados de análise estatística de resultados. Destaca-se ainda a particular falta de estudos científicos sobre os tons isocrónicos, um fenómeno cuja relevância se torna evidente após a realização deste trabalho, promissores juntamente com o seu parceiro mais estudado, os batimentos binaurais.

Referências Bibliográficas

- Albert, D., Block, A. M., Bruce, B. B., Haines, D. E., McCloskey, L. J., Mitchell, R. N., ... Telser, A. (2012). *Dorland's Illustrated Medical Dictionary*. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47–89.
- Beauchene, C., Abaid, N., Moran, R., Diana, R. A., & Leonessa, A. (2016). The Effect of Binaural Beats on Visuospatial Working Memory and Cortical Connectivity. *PLOS ONE*, 11(11), 1–20.
- Chatrian, G. E., Petersen, M. C., & Lazarte, J. A. (1960). Responses to clicks from the human brain: Some depth electrographic observations. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 12(2), 479–489.
- Dempsey, E. W., & Morison, R. S. (1941). The interaction of certain spontaneous and induced cortical potentials. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 135(2), 301–308.
- Dietrich, A., & Kanso, R. (2010). A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight. *Psychological Bulletin*, 136(5), 822–848.
- Fernández, A., Maestu, F., Campo, P., Hornero, R., Escudero, J., & Poch, J. (2008). Impact of auditory stimulation at a frequency of 5 Hz in verbal memory. *Actas Esp. Psiquiatr.*, 36(6), 307–313.
- Foster, D. S. (1990). *EEG and Subjective Correlates of Alpha-Frequency Binaural-Beat Stimulation Combined with Alpha Biofeedback*. Memphis State University.
- Gardner, W. J., & Licklider, J. C. R. (1959). Auditory analgesia in dental operations. *The Journal of the American Dental Association*, 59(6), 1144–1149.
- Gardner, W. J., Licklider, J. C. R., & Weisz, A. Z. (1960). Suppression of Pain by Sound. *Science*, 132(3418), 32.

- Goodin, P., Ciorciari, J., Baker, K., Carrey, A.-M., Harper, M., & Kaufman, J. (2012). A High-Density EEG Investigation into Steady State Binaural Beat Stimulation. *PLOS ONE*, 7(4), 1–8.
- Granada, A. E., & Herzel, H. (2009). How to achieve fast entrainment? The timescale to synchronization. *PLoS One*, 4(9), e7057.
- Gruzelier, J. H. (1996). New advances in EEG and cognition. *International Journal of Psychophysiology*, 24, 1–5.
- Haggard, M., & Gaston, J. B. (1978). Changes in auditory perception in the menstrual cycle. *British Journal of Audiology*, 12(4), 105–118.
- Huang, T. L., & Charyton, C. (2008). A comprehensive review of the psychological effects of brainwave entrainment. *Alternative Therapies in Health & Medicine*, 14(5), 38–49.
- Janet, P. (1925). *Psychological Healing: A Historical and Clinical Study*. (E. Paul & C. Paul, Eds.), *Allen & Unwin*. London: Allen & Unwin.
- Jason Lewis. (2016). Are Isochronic Tones Safe, Do They Work or Are They a Scam. Acesso em: 19/06/2018. Disponível em: <https://www.mindamend.com/brainwave-entrainment/isochronic-tones/>
- Jirakittayakorn, N., & Wongsawat, Y. (2017). Brain responses to a 6-Hz binaural beat: Effects on general theta rhythm and frontal midline theta activity. *Frontiers in Neuroscience*, 11(JUN).
- Kasprzak, C. (2011). Influence of binaural beats on EEG signal. *Acta Physica Polonica A*, 119(6A), 986–990.
- Kennerly, R. C. (1994). *An empirical investigation into the effect of beta frequency binaural beat audio signals on four measures of human memory*. West Georgia College.
- Kraus, J., & Porubánová, M. (2015). The effect of binaural beats on working memory capacity. *Studia Psychologica*, 57(2), 135–145.
- Lane, A. M., Terry, P. C., & Fogarty, G. (2007). Construct Validity of the Profile of Mood States.

- Lane, J. D., Kasian, S. J., Owens, J. E., & Marsh, G. R. (1998). Binaural Auditory Beats Affect Vigilance Performance and Mood. *Physiology & Behavior*, 63(2), 249–252.
- Le Scouranec, R.-P., Poirier, R.-M., Owens, J. E., & Gauthier, J. (2001). Use of binaural beat tapes for treatment of anxiety: a pilot study of tape preference and outcomes. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 7(1), 58–63.
- Manns, A., Miralles, R., & Adrián, H. (1981). The application of audiostimulation and electromyographic biofeedback to bruxism and myofascial pain-dysfunction syndrome. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 52(3), 247–252.
- Marieb, E. N., & Hoehn, K. (2007). *Human anatomy & physiology*. Pearson Education.
- McConnell, P. A., Froeliger, B., Garland, E. L., Ives, J. C., & Sforzo, G. A. (2014). Auditory driving of the autonomic nervous system: Listening to theta-frequency binaural beats post-exercise increases parasympathetic activation and sympathetic withdrawal. *Frontiers in Psychology*, 5(NOV).
- McCrae, R. R., & John, O. P. (1992). An introduction to the five-factor model and its applications. *Journal of Personality*, 60(2), 175–215.
- Miyake, A., & Shah, P. (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. Cambridge University Press.
- Molina, G., Sainz, E., Serrano, L., Rentería, S., & Urquiza, D. (2014). BINAURAL AUDIO RELAXATION TECHNIQUES FOR PEOPLE WITH ANXIETY AND STRESS.
- Oschman, J. L. (2000). The electromagnetic environment: implications for bodywork Part 1 Environmental energies. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 4(1), 56–67.
- Oster, G. (1973). Auditory Beats in the Brain. *Scientific American*, 229(4), 94–103.
- Padmanabhan, R., Hildreth, A. J., & Laws, D. (2005). A prospective, randomised, controlled study examining binaural beat audio and pre-operative anxiety in patients undergoing general anaesthesia for day case surgery. *Anaesthesia*, 60(9), 874–877.
- Ray, R. W. (2017). *Isochronic Tones in the Schumann Resonance Frequency for the Treatment of Anxiety: A Descriptive Exploratory Study*. Saybrook University.

- Reedijk, S., Bolders, A., & Hommel, B. (2013). The impact of binaural beats on creativity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(786), 1–7.
- Roberts, G. E. (2016). *From music to mathematics: exploring the connections*. JHU Press.
- Robertson, G., Caldwell, G., Hamill, J., Kamen, G., & Whittlesey, S. (2013). *Research methods in biomechanics, 2E*. Human Kinetics.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., & Lushene, R. E. (1970). Manual for the state-trait anxiety inventory.
- Suzuki, S., Kawada, T., Ogawa, M., & Aoki, S. (1991). Sleep deepening effect of steady pink noise. *Journal of Sound and Vibration*, 151(3), 407–414.
- Wahbeh, H., Calabrese, C., Zwickey, H., & Zajdel, D. (2007). Binaural Beat Technology in Humans: A Pilot Study to Assess Neuropsychologic, Physiologic, And Electroencephalographic Effects. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 13(2), 199–206.
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063.
- Will, U., & Berg, E. (2007). Brain wave synchronization and entrainment to periodic acoustic stimuli. *Neuroscience Letters*, 424(1), 55–60.
- Zampi, D. D. (2016). Efficacy of Theta Binaural Beats for the Treatment of Chronic Pain. *Alternative Therapies in Health & Medicine*, 22(1), 32–38.
- Zhou, J., Liu, D., Li, X., Ma, J., Zhang, J., & Fang, J. (2012). Pink noise: effect on complexity synchronization of brain activity and sleep consolidation. *Journal of Theoretical Biology*, 306, 68–72.

Páginas de Internet

(sem autor identificado)

binaural beats - YouTube. (n.d.). Acesso em: 19/06/2018. Disponível em: https://www.youtube.com/results?search_query=binaural+beats

Binaural Beats don't Work as Well as These Alternatives. (n.d.). Acesso em: 26/04/2018. Disponível em: <http://www.livingflow.net/binaural-beats-don-t-work-as-well-as-these-alternatives/>

Entraining Tones and Binaural Beats - Mind Alive. (n.d.). Acesso em: 25/04/2018. Disponível em: <https://mindalive.com/index.cfm/technology/entraining-tones-and-binaural-beats/>

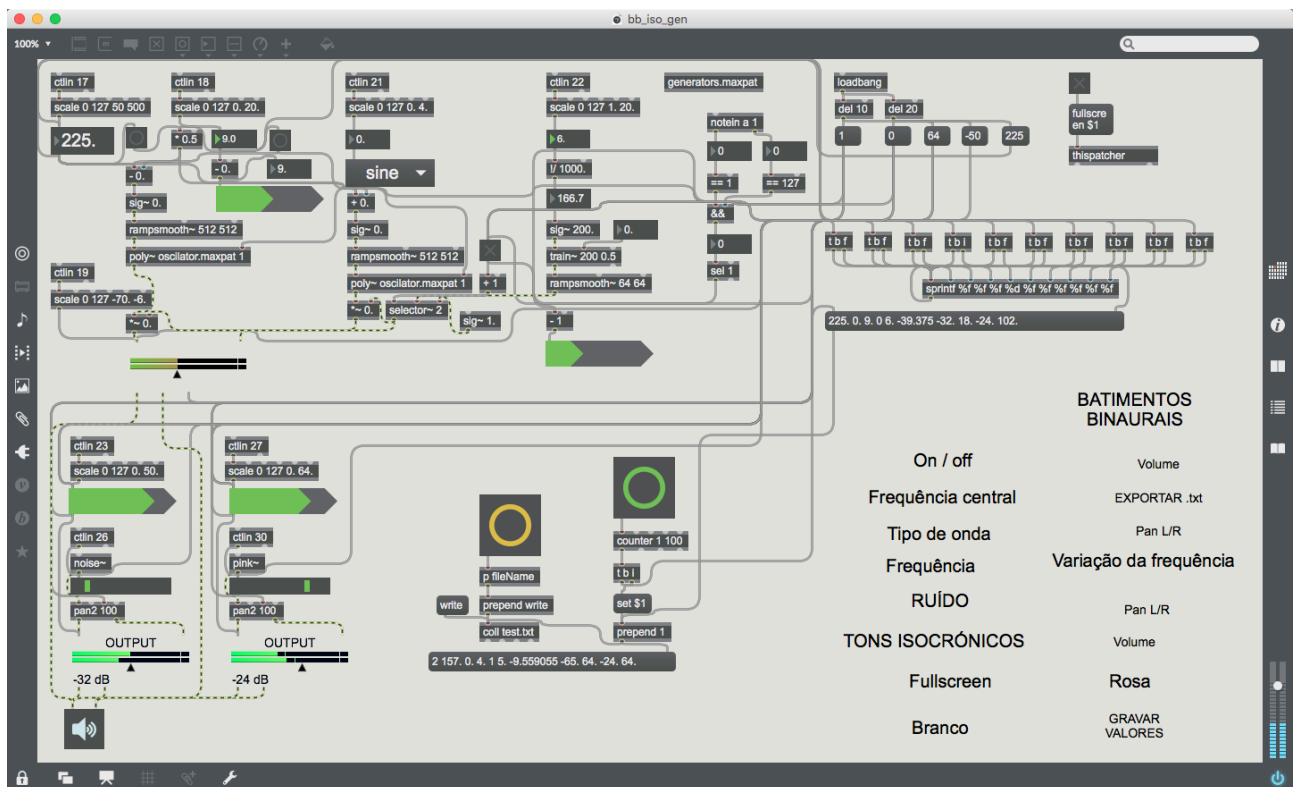
I-Doser.com: Digital Doses. (n.d.). Acesso em: 19/06/2018. Disponível em: <https://www.i-doser.com/>

isochronic tones - YouTube. (n.d.). Acesso em: 19/06/2018. Disponível em: https://www.youtube.com/results?search_query=isochronic+tones

Oklahoma Bureau of Narcotics Warning Parents About I-Dosing - YouTube. (n.d.). Acesso em: 19/06/2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PZcgUEkBIX0>

Apêndices

Apêndice A: *patcher* desenvolvido no *software* Max



Apêndice B: ficha disponibilizada aos sujeitos participantes na experiência realizada

TESTE PSICOACÚSTICA - BATIMENTOS BINAURAIS E TONS ISOCRÓNICOS		
Masculino <input type="checkbox"/>	Idade: _____	Data: _____
Feminino <input type="checkbox"/>		Hora: _____
<hr/>		
<p>O presente teste enquadra-se na experimentação prática de uma dissertação de mestrado na área da psicoacústica, que estuda a influência dos fenómenos de batimentos binaurais e tons isocrónicos no corpo e mente humana.</p> <p>O propósito da escuta de sons que induzem estes fenómenos é o de obter efeitos positivos maioritariamente ao nível do relaxamento generalizado ou da capacidade de concentração de um indivíduo. Existem estudos científicos que evidenciam que estes fenómenos afetam temporariamente a predominância de frequências específicas das ondas cerebrais, permitindo assim estimular uma maior presença de determinadas frequências de modo a afetar de alguma maneira benéfica e desejável a mente e/ou o corpo do indivíduo que os escuta.</p> <p>É pretendido, nesta experiência, estabelecer uma correlação entre os parâmetros escolhidos pelo utilizador para a geração dos fenómenos e os efeitos obtidos através da escuta dos sons. Pede-se ao utilizador que, através da interface que tem à disposição, regule os seus diversos parâmetros até encontrar uma combinação que lhe suscite ou induza as duas seguintes sensações:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Calma, relaxamento, serenidade mental2. Concentração, “caféina virtual”, estímulo mental <p>Os parâmetros assignados a cada sensação serão gravados no sistema para posterior análise estatística. Agradecemos a sua participação.</p>		
<p>Aluno: Paulo Ferraz de Lacerda Orientador: Andre Venturoti Perrotta</p>		

Apêndice C: totalidade dos resultados recolhidos na experiência (30 sujeitos, 60 instâncias)

Legenda:

A: sexo (0 = masculino / 1 = feminino), idêntico duas a duas linhas

B: idade, idêntica duas a duas linhas

C: frequência central

D: forma de onda (0 = sinusoidal / 1 = triangular / 2 = em serra / 3 = quadrada)

E: frequência dos batimentos binaurais

F: tons isocrónicos *on / off* (0 = desligados / 1 = ligados)

G: frequência dos tons isocrónicos

H: amplitude sonora dos batimentos binaurais e tons isocrónicos

I: amplitude sonora do ruído branco

J: panorâmica estereofónica do ruído branco

K: amplitude sonora do ruído rosa

L: panorâmica estereofónica do ruído rosa

Linhas a azul: efeito calmante

Linhas a laranja: efeito estimulante

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
0	30	276	0	7,09	0	9,38	-31	-64	56	-60	61
		142	1	9,61	1	1,15	-31	-59	56	-57	61
0	22	50	1	6,93	0	1,00	-24	-70	97	-70	8
		500	1	3,62	1	20,00	-27	-68	61	-70	62
0	21	50	0	11,50	0	1,15	-32	-30	0	-20	63
		198	0	11,65	1	19,25	-30	-70	40	-70	63
0	38	500	0	8,03	0	12,82	-37	-70	62	-70	62
		500	0	8,03	0	12,82	-70	-70	62	-70	62
1	38	383	2	7,72	1	11,47	-38	-31	0	-23	127
		152	0	15,28	0	1,75	-25	-55	23	-51	116
0	25	50	0	0,00	1	1,00	-37	-46	36	-37	98
		443	2	10,39	1	3,39	-37	-46	57	-37	64
1	20	216	0	2,05	0	2,94	-31	-70	12	-46	110
		453	1	2,05	1	1,60	-31	-55	51	-44	88
0	39	64	0	0,16	0	1,00	-17	-56	12	-42	80
		96	0	5,67	0	1,00	-18	-54	127	-41	0

0	25	202	0	1,26	0	5,94	-32	-70	64	-59	63
		255	0	15,28	1	5,94	-33	-70	60	-57	54
0	36	181	0	1,89	0	1,00	-30	-70	62	-53	62
		50	1	7,24	0	4,14	-27	-70	62	-64	62
0	25	60	0	2,20	0	13,57	-22	-65	61	-45	61
		244	3	8,98	1	12,52	-22	-50	53	-45	81
1	23	170	0	0,79	1	3,09	-35	-68	60	-54	62
		124	0	11,65	1	3,84	-31	-61	60	-50	62
1	24	220	1	4,09	0	4,59	-34	-62	41	-44	33
		209	0	3,31	0	1,00	-35	-70	34	-48	33
1	23	120	0	1,26	0	2,65	-31	-70	61	-63	91
		53	0	1,57	0	16,11	-30	-70	52	-65	91
0	24	195	1	5,51	0	5,04	-27	-59	74	-48	59
		251	2	13,07	1	13,27	-27	-49	54	-38	58
0	19	138	0	1,42	0	1,00	-15	-50	4	-38	113
		127	2	7,40	1	13,12	-16	-48	62	-33	62
0	18	220	0	4,72	0	2,35	-33	-70	62	-68	81
		202	0	15,12	0	20,00	-33	-70	64	-70	63
0	19	64	0	0,00	0	8,18	-46	-64	28	-41	70
		152	1	8,82	0	9,98	-41	-54	116	-42	0
0	22	251	0	1,89	0	9,83	-13	-50	22	-28	77
		152	2	8,50	1	5,94	-17	-38	62	-70	61
0	55	60	0	3,31	0	1,00	-29	-70	61	-46	59
		99	0	3,94	0	2,94	-29	-70	61	-70	66
0	25	131	0	5,04	0	1,00	-17	-61	0	-53	127
		248	0	6,14	1	4,14	-17	-70	0	-70	127
0	39	152	1	3,94	0	10,87	-31	-60	61	-47	65
		234	3	12,44	1	4,89	-30	-52	61	-46	65
0	22	149	0	0,00	0	1,00	-27	-54	0	-48	127
		110	1	0,00	1	6,39	-22	-70	0	-49	64
0	22	212	0	3,31	0	7,28	-31	-56	0	-44	127
		337	1	9,61	1	7,28	-29	-70	10	-37	79
0	23	198	0	2,36	0	1,00	-32	-60	61	-41	61
		184	1	3,78	0	1,00	-29	-52	61	-70	61
1	21	259	0	0,00	0	1,45	-36	-57	60	-48	61
		283	1	6,61	1	2,05	-31	-56	59	-52	61
0	22	212	0	2,52	0	2,65	-12	-70	64	-50	64
		138	3	5,20	1	12,37	-16	-70	64	-22	64
0	23	85	0	1,73	0	1,00	-14	-54	64	-70	66
		202	0	8,66	0	7,88	-14	-70	64	-32	66
1	28	103	0	10,55	0	9,98	-70	-50	59	-35	62
		166	2	17,64	1	9,68	-41	-70	59	-70	62
0	21	248	0	4,25	0	3,84	-11	-70	65	-13	64
		340	0	14,65	1	12,22	-11	-70	65	-70	64

