



UNIVERSIDADE
CATÓLICA
PORTUGUESA



**DINÂMICAS EMOCIONAIS E ASSIMETRIA
CORTICAL: O PRAZER NA MÚSICA TRISTE**

GUILHERME MANUEL MARTINS BORGES

Orientador de Dissertação:

DOUTOR HUGO ALEXANDRE FERREIRA

DOUTORA MARIA VÂNIA NUNES

Professora de Seminário de Dissertação:

DOUTORA MARIA VÂNIA NUNES

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de:
MESTRE EM NEUROCIÊNCIAS COGNITIVAS E COMPORTAMENTAIS
Especialidade em Neurociências Cognitivas e Comportamentais do Ramo Aplicado

2024

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação da Professora Doutora Maria Vânia da Silva Nunes e do Professor Doutor Hugo Alexandre Ferreira, apresentada no ISPA - Instituto Universitário de Ciências Psicológicas, Sociais e da Vida, para obtenção de grau de Mestre na especialidade de Neurociências Cognitivas e Comportamentais.

Agradecimentos

Gostaria de começar por expressar os meus mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas que me apoiaram no desenvolvimento da minha tese de mestrado. Um reconhecimento especial vai para a Doutora Maria Vânia Nunes, que foi uma orientação inestimável ao longo deste processo. A sua paciência, compreensão e capacidade de organizar os meus passos foram essenciais para o meu progresso. A sua dedicação e disponibilidade ao longo desta experiência proporcionaram-me a confiança e o apoio necessários para ultrapassar os desafios deste percurso.

O meu sincero obrigado também ao Doutor Hugo Alexandre Ferreira, meu orientador, cuja orientação e feedback ao longo deste percurso académico foram essenciais para a estruturação e desenvolvimento do meu projeto de investigação. A sua orientação foi fundamental para a minha evolução enquanto investigador.

Aos músicos, e acima de tudo meus amigos, Massas, Nabais e Pedro, que me ajudaram no desenvolvimento deste projeto, desde as inúmeras discussões sobre o mundo da música à escolha das mesmas para este estudo, o meu profundo agradecimento. O vosso apoio, talento e amizade foram cruciais para a realização desta tese.

Aos meus colegas e amigos de mestrado, Gonçalo, Rita e Joana, obrigado pelos momentos de estudo, pelas discussões e pelos momentos de partilha que tornaram este caminho mais leve e enriquecedor. A vossa presença foi essencial em todos os momentos. Um agradecimento muito especial também aos restantes amigos que estiveram ao meu lado, depositaram a sua confiança em mim e tiveram paciência para me ouvir a falar desta tese durante horas a fio. Quer tenham participado diretamente no estudo ou não, a vossa amizade e presença foram fundamentais para que eu conseguisse chegar até aqui.

Por último, a minha família, que sempre acreditou em mim, merece um agradecimento especial. O vosso amor incondicional, paciência e confiança foram uma fonte constante de força e motivação. Sem o vosso apoio, este percurso teria sido muito mais difícil. A todos vocês, o meu mais profundo obrigado.

SIC PARVIS MAGNA

Resumo

Enquadramento Teórico: Emoções como tristeza e prazer coexistem frequentemente em experiências paradoxais, como ocorre ao ouvir música triste, desafiando a visão tradicional das emoções. Apesar dos avanços no estudo dessas emoções, os mecanismos neurobiológicos que as medeiam ainda são os que mais carecem de compreensão. O paradoxo do prazer na tristeza representa uma oportunidade única para explorar as dinâmicas neurais envolvidas na modulação de estados emocionais complexos.

Objetivo: Investigar como a assimetria alfa frontal (AAF) é influenciada pela percepção de prazer em músicas percebidas como tristes ou associadas a valência emocional negativa. O estudo visa aprofundar o conhecimento sobre a interação entre a percepção de emoções complexas e a sua modulação de respostas neurais refletidas na AAF.

Metodologia: A amostra foi composta por 20 participantes. Foram recolhidos dados de eletroencefalografia durante a escuta de 30 excertos musicais, a AAF foi calculada para cada um destes. No fim de cada excerto, os participantes avaliaram subjetivamente a percepção de prazer, tristeza, valência, ativação e familiaridade. A análise estatística incluiu estatística descritiva, testes de Kruskal-Wallis, Mann-Whitney e respetivas correções.

Resultados: A AAF apresentou uma relação direta com o prazer, com uma diferença estatisticamente significativa entre o prazer baixo ($M = -0.0105$) e o prazer alto ($M = 0.0346$) nas músicas tristes. Na música percebida como neutra, a AAF apresentou valores consistentemente positivos, tanto no prazer baixo ($M = 0.0051$), como no médio ($M = 0.0231$) e alto ($M = 0.0360$), contudo sem mudanças tão marcantes entre os níveis de prazer. Nas valências emocionais, a AAF foi menos pronunciada nas condições de valência positiva (entre $M = 0.0025$ e $M = 0.0287$) e mais elevada nas valências negativas, com valores que variaram de $M = -0.0024$ no prazer baixo a $M = 0.0316$ no prazer alto.

Discussão: A ativação acentuada do hemisfério esquerdo, refletida pela AAF positiva, pode contribuir para a percepção de prazer em músicas tristes, indicando uma possível reavaliação cognitiva. A música neutra revela uma AAF com menores diferenças, enquanto na música triste a sobreposição de prazer e tristeza aparenta reduzir a AAF. As valências positivas divergiram da literatura, talvez devido à dificuldade em evocar alegria. Este estudo evidencia como a interação entre prazer e tristeza pode modular a AAF, sugerindo um processamento neural complexo em respostas emocionais ambíguas.

Palavras-chave: Percepção emocional; prazer na tristeza; música triste; eletroencefalografia; lateralização cortical.

Abstract

Theoretical Framework: Emotions such as sadness and pleasure often coexist in paradoxical experiences, such as listening to sad music, challenging the traditional view of emotions. Despite advances in the study of these emotions, the neurobiological mechanisms that mediate them are still the ones in most need of further understanding. The paradox of pleasure in sadness represents a unique opportunity to explore and unveil the neural dynamics involved in modulating complex emotional states.

Aim: To investigate how frontal alpha asymmetry (FAA) is influenced by the perception of pleasure in music perceived as sad or associated with negative emotional valence. The study aims to deepen knowledge about the interaction between the perception of complex emotions and their modulation of neural responses reflected in the FAA.

Methodology: The sample consisted of 20 subjects. EEG data was collected while listening to 30 musical excerpts, and the FAA was calculated for each one of these. At the end of each excerpt, the participants subjectively evaluated their perception of pleasure, sadness, valence, activation and familiarity. The statistical analysis included descriptive statistics, Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests and respective corrections.

Results: The FAA was directly related to pleasure, showing a statistically significant difference between low pleasure ($M = -0.0105$) and high pleasure ($M = 0.0346$) in sad music. For music perceived as neutral, the FAA consistently displayed positive values, from low pleasure ($M = 0.0051$) to medium ($M = 0.0231$) and high ($M = 0.0360$), with less marked changes across pleasure levels. In terms of emotional valence, FAA was less pronounced in positive conditions (ranging from $M = 0.0025$ to $M = 0.0287$) and higher in negative valences, ranging from $M = -0.0024$ in low pleasure to $M = 0.0316$ in high pleasure.

Discussion: The increased left hemisphere activation, reflected by a positive FAA, might contribute to the perception of pleasure in sad music, suggesting a possible cognitive stimuli reappraisal. Neutral music showed smaller FAA differences, while the overlap of pleasure and sadness in sad music appeared to reduce FAA. Positive valences diverged from the literature, possibly due to the difficulty of evoking joy. This study highlights how the interaction between pleasure and sadness can modulate FAA, suggesting complex neural processing in ambiguous emotional responses.

Keywords: Emotional perception; pleasurable sadness; sad music; electroencephalography; cortical lateralization.

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Lista de Figuras	vi
Lista de Siglas	vii
Introdução	1
Revisão de Literatura	4
O Estudo das Emoções	4
A Música e a Neurociência Afetiva	6
Modelos e Teorias sobre Emoção e Música	9
O Paradoxo do Prazer na Tristeza	11
Correlatos Neurais da Emoção Musical	15
Lateralização Cortical e Eletroencefalografia	18
Metodologia	20
Tipologia do Estudo	22
Participantes	22
Materiais	23
Tarefa	29
Aparelhos Eletrofisiológicos	29
Procedimento	31
Análise Estatística	32
Resultados	34
Impacto da Familiaridade na AAF	40
Influência do prazer na AAF em músicas percebidas como tristes	34
Influência do prazer na AAF em função da valência emocional dos participantes	37
Discussão	41
A Influência do Prazer na AAF em Músicas Tristes	41
Comparação entre Percepção Neutra e Triste: Diferenças na Magnitude da AAF	42
Diferenças na AAF entre Valências Emocionais Positivas e Negativas em Diferentes Níveis de Prazer	44
Discussão Integrada e Conclusão Geral	45
Limitações, Implicações Práticas e Direções Futuras	47
Referências	50

Lista de Figuras

Figura 1 - Modelo circumplexo do afeto.....	5
Figura 2 - Modelo integrado do <i>hedonic shift</i>	15
Figura 3 - Resultados de uma meta-análise de estudos de neuroimagem funcional sobre emoções evocadas pela música e sistemas do afeto	17
Figura 4 - Organização do procedimento experimental	32
Figura 5 - Comparação das assimetrias alfa frontais entre grupos de prazer na condição de percepção triste	34
Figura 6 - Comparação das assimetrias alfa frontais entre grupos de prazer na condição de percepção neutra	36
Figura 7 - Comparação das assimetrias alfa frontais entre grupos de prazer na condição de valência negativa	38
Figura 8 - Comparação das assimetrias alfa frontais entre grupos de prazer na condição de valência positiva	39

Lista de Siglas

AAF – Assimetria alfa frontal

BMRQ – *Barcelona Music Reward Questionnaire*

CF – Córtex frontal

COF – Córtex orbitofrontal

CPF – Córtex pré-frontal

DSP – Densidade espectral de potência

EEG – Eletroencefalografia

EHI – *Edinburgh Handedness Inventory*

fMRI – Ressonância magnética funcional

HPA – Eixo Hipotálamo-Pituitária-Adrenal

NAcc – *Nucleus accumbens*

SNC – Sistema nervoso central

TFCT – Transformada de Fourier de curto termo

Introdução

A relação entre emoção e processos cognitivos tem sido alvo de um interesse crescente na área das neurociências, onde o estudo das emoções, em particular a forma como estas são induzidas e percebidas, tem vindo a revelar *nuances* importantes sobre a experiência emocional humana. A música, sendo um dos estímulos emocionais mais poderosos, reconhecida pela capacidade de transcender barreiras culturais e linguísticas, desempenha um papel crucial no processamento de emoções humanas (Koelsch, 2014) e é frequentemente utilizada como ferramenta para evocar uma ampla gama de emoções, desde alegria à tristeza (Juslin & Västfjäll, 2008; Koelsch, 2018). Não obstante, um fenómeno que tem intrigado os investigadores é a capacidade da música triste, muitas vezes considerada como um estímulo negativo, evocar prazer, uma resposta positiva, o que sem dúvida se traduz como uma manifestação paradoxal e desafia as teorias emocionais tradicionais (Sachs et al., 2015; Eerola et al., 2018).

Este paradoxo, conhecido como "prazer na tristeza", reflete a complexidade do sistema emocional humano e a sua capacidade de processar emoções complexas ou ambivalentes. Na música triste, o indivíduo pode experienciar simultaneamente um sentimento de melancolia, acompanhado com uma resposta hedónica positiva. Esse *hedonic shift* (Eerola et al., 2017) - o processo de transformação de uma emoção inicialmente negativa, como a tristeza, numa experiência hedónica positiva - levanta questões sobre os mecanismos neurais e emocionais que permitem a coexistência dessas respostas aparentemente contraditórias. Compreender este fenómeno implica explorar diversos níveis de análise, não apenas os aspetos emocionais e subjetivos da experiência, mas também os correlatos neuronais que sustentam essa experiência emocional. Estudos anteriores indicam que estas respostas emocionais são mediadas por uma interação entre estruturas subcorticais, envolvidas na recompensa, e áreas corticais específicas associadas à percepção e regulação emocional (Koelsch, 2018; Salimpoor et al., 2015).

A investigação das respostas emocionais à música, nomeadamente o prazer na música triste, tem sido centrada maioritariamente em áreas subcorticais, como o *Nucleus accumbens* (NAcc) e o sistema de recompensa dopaminérgico, devido ao seu papel na mediação do prazer e da recompensa (Koelsch, 2014). Contudo, as regiões corticais, especialmente no contexto de lateralização, também desempenham um papel fundamental na modulação dessas experiências emocionais.

A análise da assimetria alfa frontal (AAF), em particular, tem sido revelada como um marcador neural promissor para distinguir entre estados emocionais positivos e negativos, com implicações significativas na compreensão do processamento cerebral de emoções complexas, como o prazer na tristeza. A atividade cerebral em regiões frontais, particularmente no hemisfério direito, tem sido apontada como um marcador importante na regulação e percepção de emoções negativas, bem como de comportamentos de afastamento, enquanto o hemisfério esquerdo tem sido tradicionalmente associado à regulação de emoções positivas e a comportamentos de aproximação (Heilman, 1997, Altenmüller et al., 2002; Chabin et al., 2020). A investigação sobre a AAF tem emergido como uma metodologia promissora para entender como diferentes hemisférios podem estar envolvidos na experiência de emoções de cariz oposto, como a tristeza e o prazer.

Esta dissertação propõe-se a estudar os padrões de lateralização cortical associados ao prazer induzido pela percepção de música triste, com particular ênfase nos processos perceptivos envolvidos nesta experiência emocional. Embora, por vezes, a música triste não provoque uma resposta emocional direta de tristeza no ouvinte, ela pode, ainda assim, evocar uma sensação de prazer. Este fenómeno sugere que a simples percepção das características emocionais, neste caso a tristeza, não implica necessariamente que o ouvinte experiencie tal emoção de forma profunda. Contrariamente, pode ocorrer uma dissociação em que, apesar, ou mesmo devido à percepção de tristeza, o prazer derivado da apreciação estética ou do envolvimento cognitivo com o estímulo prevalece.

O uso de eletroencefalografia (EEG) oferece uma janela única para estudar estes processos, uma vez que permite medir a atividade cerebral em tempo real com uma elevada resolução temporal (Zhang et al., 2023). Apesar de não fornecer o nível de detalhe espacial de outras técnicas de neuroimagem, como a ressonância magnética funcional (fMRI), a EEG destaca-se na sua capacidade de identificar padrões de atividade cortical de forma precisa e dinâmica. Ao aplicar este nível de análise cortical em estruturas como o córtex frontal (CF) e pré-frontal (CPF), e as assimetrias na sua atividade, é possível explorar com maior detalhe como as emoções, particularmente as emoções mistas como a tristeza e o prazer, são processadas e lateralizadas no cérebro. Embora o presente estudo se concentre principalmente na caracterização do panorama das assimetrias corticais, pretende também contribuir para uma compreensão mais ampla da dinâmica emocional relacionada com o *hedonic shift* (Eerola et al., 2017).

Ao analisar esses padrões no contexto de música triste que evoca prazer, espera-se não só avançar no entendimento da lateralização cortical de emoções, mas também clarificar como diferentes processos emocionais, e a sua percepção, interagem a nível cortical para criar uma experiência emocional paradoxal.

Em última instância, este trabalho pretende contribuir para um entendimento mais pormenorizado dos mecanismos neurais envolvidos na percepção emocional e na regulação das emoções complexas, que pode ter implicações tanto no campo da neurociência emocional como em potenciais aplicações clínicas e terapêuticas.

Em termos estruturais, a presente dissertação está organizada em cinco secções principais, de forma a proporcionar uma visão integrada e sequencial do tema em estudo.

A **Revisão de Literatura** é composta por várias secções que sustentam a base teórica e empírica deste trabalho. São discutidas as seguintes temáticas: O Estudo das Emoções; Música e a Neurociência Afetiva; Modelos e Teorias sobre Emoção e Música, O Paradoxo do Prazer na Tristeza; Correlatos Neurais da Emoção Musical; Lateralização Cortical e Eletroencefalografia.

A **Metodologia do Estudo**, que contempla as hipóteses da investigação, detalha o desenho experimental, os instrumentos de medida, a caracterização da amostra, bem como os procedimentos realizados na recolha dos dados neurofisiológicos (EEG) e subjetivos (questionários de autorrelato).

Na secção de **Resultados e Discussão**, os dados recolhidos são analisados e comparados à literatura previamente revista, permitindo uma interpretação dos resultados no contexto dos estudos existentes.

Finalmente, a tese é concluída com uma reflexão sobre as **Limitações do Estudo**, que aborda os constrangimentos metodológicos e as suas possíveis influências nos resultados, seguida das **Propostas para Estudos Futuros**, onde são sugeridas direções e abordagens que podem complementar e expandir as descobertas obtidas

Revisão de Literatura

O Estudo das Emoções

As emoções têm desempenhado um papel central na adaptação humana ao longo da evolução, sendo fundamentais para a sobrevivência em ambientes complexos e dinâmicos (Ekman, 1999; Levenson, 2011). Contrariamente aos reflexos, que constituem respostas automáticas a estímulos específicos, as emoções permitem uma flexibilidade adaptativa face a novos desafios, tais como a procura de recursos, proteção da prole, e a reação a ameaças ambientais (Darwin, 1872). Essa adaptabilidade de respostas emocionais facilita a preparação do organismo para a ação e, de modo mais aprofundado, para a tomada de decisões sociais e regulação comportamental.

As emoções têm sido estudadas sob uma panóplia de perspetivas ao longo da história. A teoria clássica de James (1884), por exemplo, postulava que as emoções resultam diretamente das sensações fisiológicas evocadas por eventos externos. Cannon (1927), por outro lado, argumentava que certas estruturas cerebrais, como o tálamo, desempenham um papel central na mediação emocional, enquanto Arnold (1960) e Lazarus (1966) enfatizaram a importância da avaliação cognitiva do ambiente externo como pré-condição para a resposta emocional. Damásio (1996; 1999) integrou estas perspetivas num raciocínio que, de modo simplificado, pode ser resumido na afirmação de que as emoções são formadas de forma inconsciente no sistema nervoso central (SNC) com base em sinais aferentes interoceptivos e propriocetivos do corpo, e correlacionam-se, em grande parte, com os sentimentos conscientemente produzidos numa fase posterior do processamento do estímulo inicial.

Contudo, não obstante à riqueza teórica, é difícil obter um consenso claro sobre a definição das emoções. Ekman (1999), propôs uma lista de seis emoções básicas — tristeza, medo, raiva, nojo, felicidade, surpresa — baseada na universalidade das expressões faciais. Por outro lado, autores como Barrett (2006) argumentam que as emoções são construções cognitivas emergentes de processos mais fundamentais e distribuídos. Estas teorias construtivistas sugerem que não existem "centros emocionais" dedicados no cérebro, mas sim redes dinâmicas que integram informação cognitiva e emocional em diferentes contextos (Pessoa, 2008; Lindquist et al., 2012).

Do ponto de vista neurocientífico, as investigações modernas enfatizam o papel de diversas regiões cerebrais na mediação das respostas emocionais. A amígdala, por exemplo, está fortemente envolvida em estímulos adversos (como o perigo), desta forma associada ao processamento do medo e à avaliação emocional de estímulos (LeDoux, 1998), enquanto o CPF, em especial o córtex orbitofrontal (COF), desempenha um papel crucial na regulação e avaliação das emoções em contextos sociais e pessoais (Rolls, 2019). As interações entre estas regiões cerebrais, como o eixo amígdala-CPF, sublinham a complexidade dos processos emocionais e a necessidade de considerar as emoções como fenómenos distribuídos em redes neurais (Pessoa, 2008).

A complexidade emocional torna-se cada vez mais evidente ao considerar as abordagens dimensionais das emoções. Em vez de categorizar as emoções como estados discretos, modelos dimensionais, como o modelo circunplexo do afeto (Russell, 1980) (consultar Figura 1), mapeiam as emoções ao longo de dimensões de valência (dimensão de prazer) e excitação (intensidade de ativação). Ditos modelos são particularmente úteis em áreas como a psicologia da música, onde as respostas emocionais evocadas por estímulos musicais frequentemente combinam variações subtis nessas dimensões (Koelsch et al., 2014).

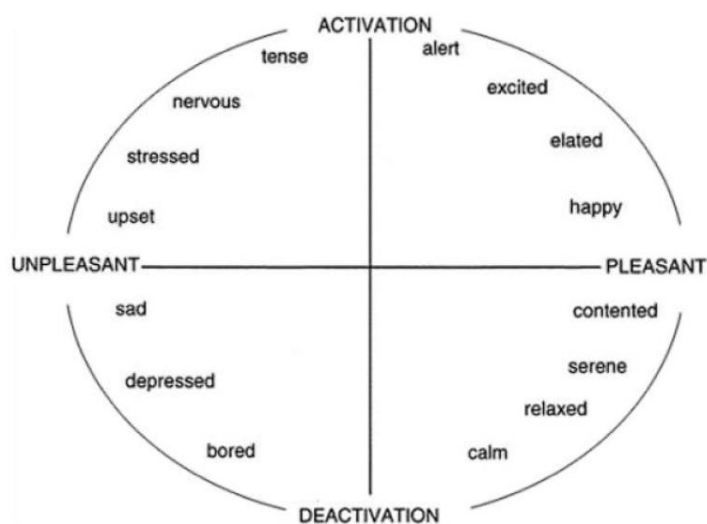


Figura 1 - Modelo circunplexo do afeto. - Retirado de Posner et al., 2005

Para sintetizar, o estudo das emoções, seja do ponto de vista filosófico ou do neurocientífico, oferece uma repleta base teórica e empírica para a compreensão das respostas humanas a estímulos emocionais. No contexto musical, as emoções e o seu estudo revelam-se ainda mais complexos, devido à capacidade única da música de evocar

desde emoções subtis a profundas e de misturar estados emocionais aparentemente opostos, como o prazer e a tristeza.

A Música e a Neurociência Afetiva

A música é ímpar na sua universalidade e antiguidade. Nenhuma cultura existiu sem o fenómeno da música, o que sugere que esta prática e o prazer que dela retiramos acompanham a humanidade desde sempre (Koelsch, 2012). Entre os artefactos arqueológicos mais antigos já encontrados estão instrumentos musicais, como flautas esculpidas em ossos (Conard et al., 2009). A música acompanha praticamente todos os momentos importantes da vida humana: desde momentos mais íntimos como a mãe a embalar o filho, a casamentos e funerais, cerimónias religiosas e festas (Levitin, 2006).

Contudo, a música está também profundamente inserida no nosso quotidiano, constituindo uma companhia constante em situações mais banais, como durante a condução, nos elevadores, durante o trabalho ou nos momentos de tranquilidade. A música permeia a vida diária de tal forma que é difícil imaginar uma existência completamente sem ela.

Apesar dessa omnipresença, definir o que é música pode revelar-se uma tarefa complexa e desafiadora. A sua definição é variada, como "a organização de sons com intenções estéticas, artísticas ou lúdicas" ou "a arte e técnica de combinar sons de forma melódica" (<https://dicionario.priberam.org/m%C3%BAAsica>, consultado em outubro de 2024). Porém, essas definições podem ser demasiado amplas, ao ponto de não distinguirem música de outras formas de expressão artística, ou demasiado limitadas, por ignorarem a diversidade cultural e o contexto em que a música é criada e apreciada.

Para exemplificar, a famosa definição do compositor Edgard Varèse, que descreve a música como "som organizado", é frequentemente considerada excessivamente vaga, uma vez que pode ser aplicada a outras formas artísticas. Isto reflete uma verdade fundamental: ouvir música não é apenas receber passivamente sons externos, mas sim processá-los de forma ativa como um constructo mental. Os elementos fundamentais da música incluem o ritmo, a melodia, a harmonia, a tonalidade e a textura sonora, em que todos requerem capacidades cognitivas avançadas tanto para a produção quanto para a apreciação. Não obstante, é importante destacar que a música transcende a mera organização de sons. Um tom musical, por exemplo, é uma representação mental

subjetiva de um fenômeno físico – a vibração das partículas de ar, conhecida como frequência sonora. A capacidade da música de desencadear respostas afetivas, evocar memórias e promover interações sociais reflete a sua profunda ligação com a condição humana.

Tendo em vista a complexidade do conceito, uma definição mais abrangente deve reconhecer que a música é uma construção mental e cultural. Cross (2003) oferece uma definição que por sua vez contempla essa riqueza: "as músicas são particularizações culturais da capacidade humana de formar representações ao integrar informação de vários domínios de experiência e comportamento, sequenciada ao longo do tempo, e geralmente expressa através do som."

Pinker (1994) descreveu a música como um "cheesecake auditivo" - um prazer acessório e, de um ponto de vista biológico, dispensável. Na visão do autor, a música não desempenha uma função fulcral que influencie quer a sobrevivência ou a reprodução, nem proporciona uma percepção ou compreensão mais fidedigna da realidade. Quando comparada a capacidades como a linguagem, a visão, a cognição social ou habilidades motoras, a música parece um conceito supérfluo, de tal modo que a sua ausência não alteraria significativamente o modo de vida humano (Pinker, 1997). De acordo com esta perspectiva, a música é uma habilidade que se alicerça em funções cognitivas preexistentes, particularmente na linguagem, e aciona diversos mecanismos cerebrais que servem outros fins e não foram concebidos especificamente para o processamento musical.

Porém, contrariamente à postulação de Pinker, a presença da música em todas as culturas sugere que esta possui efetivamente uma função adaptativa e que o seu impacto transcende o prazer estético. Adicionalmente a complexidade inerente da música faz dela uma ferramenta ímpar na investigação de aspetos neurológicos e psicológicos do ser humano. A utilização da música em diversos contextos, como suprarreferido, demonstra o seu potencial na mediação de estados emocionais e na promoção de bem-estar. Molnar-Szakacs (Molnar-Szakacs & Overy, 2009), por exemplo, destaca a música na facilitação de interações sociais e no fortalecimento de laços sociais comunitários, estabelecendo um papel como agente de coesão social. Ademais, a música tem sido amplamente empregue em terapias para tratar condições como depressão, ansiedade e transtornos de stress pós-traumático (Aalbers et al., 2017; Landis-Shack et al., 2017), o que evidencia o seu poder transformador no campo da saúde mental.

A própria experiência musical envolve uma série de processos cognitivos e emocionais. A percepção da música requer a ativação de áreas cerebrais relacionadas com a percepção de ritmo e tonalidade, à medida que a resposta emocional à música envolve sistemas neurais mais amplos, como o sistema límbico e o CPF. Estes processos tornam a música uma das atividades cognitivamente mais exigentes para o cérebro humano, o que reflete o seu potencial enquanto ferramenta de investigação para explorar as emoções de forma controlada e estruturada.

Música como Estímulo para a Investigação Afetiva

A música tem sido evidenciada como um estímulo poderoso e versátil na investigação afetiva, proporcionando uma forma controlada de induzir e estudar emoções em ambientes experimentais, devido à sua capacidade de evocar respostas emocionais fortes e diversificadas sem a necessidade de um estímulo externo concreto, como uma interação social ou evento físico (Koelsch et al., 2018). De facto, é possível provocar uma ampla gama de emoções com diferentes estilos musicais, desde a felicidade induzida por uma composição jovial de Mozart até à tristeza evocada pelas melodias melancólicas de Chopin. E é esta capacidade única de evocar emoções que torna a música um meio imprescindível para a investigação neurocientífica das emoções.

Está amplamente demonstrado que a música pode induzir emoções genuínas e intensas de um modo que a destaca, mesmo entre outros tipos de estímulos emocionais. Esta eficácia decorre dos elementos fundamentais da música, como ritmo, harmonia e melodia, que afetam simultaneamente diferentes sistemas emocionais. Juslin e colegas (2014) destacaram que a música pode causar impacto nos subsistemas emocionais em vários níveis: cognitivo, motivacional, fisiológico, de expressão e de sentimento subjetivo. O que isto significa é que ouvir música pode modificar tanto a atividade fisiológica, como o ritmo cardíaco, quanto a disposição emocional e atividade cerebral de um indivíduo, deste modo promovendo reações de relaxamento ou excitação e, consequentemente, influenciando a forma como este sente e expressa emoções.

A música também permite uma análise estruturada das emoções, uma vez que se podem utilizar diferentes composições para provocar estados emocionais específicos. Esta previsibilidade torna a música um instrumento valioso para o estudo das emoções, ao permitir uma abordagem sistemática da resposta emocional. O estudo da ativação cerebral em estruturas envolvidas na avaliação e regulação emocional tem auxiliado a

delinear a maneira como o cérebro processa emoções complexas, como a tristeza e o prazer, e como esses estados podem coexistir durante a audição musical (Koelsch, 2014; Sachs et al., 2015)

De modo complementar, a música apresenta uma série de características que a tornam particularmente adequada para o estudo da dinâmica emocional. A estrutura temporal da música permite aos investigadores observar como as emoções evoluem e se alteram ao longo do tempo, fornecendo uma visão mais abrangente sobre os processos emocionais do que estímulos momentâneos ou estáticos. Juslin e Västfjäll (2008) sublinham a importância de entender a música como um fenómeno dinâmico, capaz de evocar emoções que mudam em intensidade e qualidade à medida que a música se desenvolve.

Em suma, a música não pode ser reduzida a um estímulo estético, ela constitui um meio profundo e eficaz para investigar a complexidade das emoções humanas. Podemos dizer que a música é extraordinariamente semelhante com a mente que sente – *“A continuous flow of homeostatic feelings (non pictorial, non-linguistic representation of “qualities and intensities” describing the state of the living organism, its parts or its whole).”* – Damásio, 2024. Na verdade, dada a ubiquidade da música entre as culturas e, muito provavelmente, ao longo da história humana, a nossa compreensão sobre as emoções permanecerá incompleta sem um entendimento adequado das emoções evocadas pela música.

Modelos e Teorias sobre Emoção e Música

A relação entre música e emoção tem sido alvo de estudo em várias disciplinas, desde a psicologia à neurociência, e diversos modelos teóricos foram desenvolvidos para explicar como a música evoca e modula as respostas emocionais humanas. Embora a música não tenha um objetivo diretamente funcional em termos de sobrevivência (Roederer, 1984), como outros estímulos emocionais, a sua capacidade de evocar e modular emoções profundas e complexas fez dela um objeto de estudo crucial para compreender as bases neuropsicológicas das emoções.

A evocação emocional através da música é o processo pelo qual a música é capaz de despertar emoções no ouvinte, sejam estas refletidas pelo conteúdo da música ou

experienciadas pessoalmente, o que permite uma ressonância afetiva direta e individualizada com o estímulo sonoro (Gabrielsson, 2001). Um dos modelos com maior aceitação para explicar a evocação emocional da música é o modelo BRECVEMA, desenvolvido por Juslin (2013). Este modelo propõe que a música possui a capacidade evocar emoções através de múltiplos mecanismos, incluindo a ativação de respostas cerebrais primitivas a sons (como a resposta a sons rítmicos), a indução de memórias emocionais associadas a melodias ou sons específicos e a ressonância empática com o estado emocional expresso pela música. Através destes mecanismos, o BRECVEMA categoriza oito vias de indução emocional: *Brain stem reflexes* (reflexos do tronco cerebral), *Rhythmic entrainment* (sincronização rítmica), *Evaluative conditioning* (condicionamento avaliativo), *Contagion* (contágio emocional), *Visual imagery* (imagética visual), *Episodic memory* (memória episódica), *Musical expectancy* (expectativa musical) e *Aesthetic Judgement* (julgamento estético). O modelo do autor oferece uma explicação abrangente para a panóplia de influências que a música causa nas emoções humanas.

Adicionalmente, o modelo do "Prazer em Resposta à Expectativa" (Salimpoor et al., 2011; Salimpoor et al., 2015) destaca a importância da antecipação e da surpresa na experiência emocional musical. Esta teoria sugere que a música provoca prazer ao criar e violar expectativas melódicas e harmônicas. As previsões musicais ativam o circuito de recompensa do cérebro, nomeadamente o NAcc e o CPF ventromedial, que evoca uma resposta emocional positiva quando, de um modo positivo, o decorrer da música corresponde ou desafia as expectativas do ouvinte - *positive error prediction*. Este modelo é consistente com a observação de que as emoções musicais muitas vezes são mais intensas quando a música desafia, de forma agradável, as expectativas do ouvinte (Huron, 2006).

Outro modelo importante no estudo da emoção musical é o modelo da "Teoria dos Recursos Compartilhados" (Koelsch, 2014), que postula que a música ativa redes neurais semelhantes às utilizadas na percepção e regulação emocional em contextos não musicais. Segundo este modelo, as respostas emocionais à música envolvem a ativação de sistemas de recompensa e de regulação emocional que também são recrutados em situações de interação social e na interpretação de sinais emocionais verbais e não verbais. A música, nesse sentido, pode ser vista como uma linguagem emocional universal que utiliza mecanismos cerebrais pré-existentes para transmitir e evocar emoções.

Apesar destes modelos fornecerem uma base sólida para a investigação sobre música e emoção, existem nuances que desafiam a compreensão direta dessa relação, uma delas sendo o *paradoxo do prazer na tristeza*. Este fenómeno representa um desafio para as teorias tradicionais, já que sugere que os ouvintes podem extrair prazer de experiências musicais associadas a emoções negativas, como a tristeza. Ao incorporar o paradoxo do prazer na tristeza, é possível aprofundar e testar as teorias já estabelecidas, desafiando-as a explicar como um estímulo emocionalmente negativo pode, paradoxalmente, evocar prazer em vez de desagrado.

Esta questão é particularmente relevante para os modelos que enfatizam o papel da expectativa e da surpresa na experiência emocional musical, visto que a tristeza na música, embora previsível e familiar, parece ativar redes de recompensa de maneiras que contradizem a natureza da emoção evocada. Este paradoxo abre novas vias de investigação e sublinha a complexidade das respostas emocionais humanas, ao destacar a importância de compreender as nuances no estudo da neurociência afetiva.

O Paradoxo do Prazer na Tristeza

Para compreendermos o paradoxo do prazer na tristeza, é necessário antes reconhecer a complexidade envolvida na própria experiência emocional, em particular, da tristeza. Conforme argumentado por Eerola e Peltola (2016), a tristeza induzida pela música apresenta uma vasta gama de nuances emocionais, o que torna difícil categorizá-la de maneira linear ou unidimensional. Como demonstrado no estudo, "*Fifty shades of blue: Classification of music-evoked sadness*," a tristeza evocada pela música pode ser diversa, varia de sentimentos de melancolia leve a emoções mais profundas e marcantes. Esta multiplicidade reflete as diferentes camadas de emoções que a música pode evocar e sugere que, para estudar o prazer associado à tristeza, é necessário primeiro compreender as diversas formas pelas quais a tristeza se pode manifestar, particularmente em contextos artísticos.

A tristeza é uma emoção complexa, associada a um estado de perda e retração social, maioritariamente indesejável na vida quotidiana. Porém, a tristeza evocada em contextos artísticos, especialmente pela música, tem a capacidade de ser experienciada de forma prazerosa. Este paradoxo, também conhecido como o "paradoxo da tragédia" (Sachs et al., 2015), questiona a razão pela qual uma emoção de índole negativa pode

gerar prazer quando evocada em contextos estéticos, como na música. Diversas formas de arte, desde as tragédias gregas aos filmes e canções modernas, ilustram essa atração humana pelo retrato de tristeza, um fenômeno amplamente aceito e discutido por filósofos como Aristóteles e Schopenhauer, e que recentemente é investigado cientificamente através da psicologia e da neurociência (Goldstein, 2009; Wildschut et al., 2006).

Como discutido, a música é uma forma de arte especialmente poderosa na evocação de emoções. Os elementos que possui, como o tom, o ritmo e a harmonia, oferecem um meio único para induzir e perceber emoções complexas, como a tristeza. Os traços característicos da música triste, como o ritmo mais lento, a tonalidade menor e os timbres sombrios, são geralmente associados a emoções de baixa valência e excitação (Juslin & Lauka, 2004). Contudo, como suprarreferido, o que torna a música triste intrigante é o fato de frequentemente evocar não apenas tristeza, mas também prazer. Aqui reside o verdadeiro cerne do paradoxo: enquanto evitamos ativamente a tristeza na vida real, procuramo-la na música, porque, nesse contexto, se torna uma fonte de prazer e conforto.

Parte da explicação para esse fenômeno reside na natureza segura e dissociativa da tristeza evocada pela música. Como Schubert (1996) aponta, a tristeza musical não apresenta uma ameaça real ao ouvinte. Em contrapartida, cria um ambiente estético e controlado, onde os ouvintes podem explorar emoções negativas sem as habituais consequências associadas. Este distanciamento psicológico permite que o ouvinte se envolva emocionalmente com a música de uma maneira que transforma a tristeza em algo contemplativo e esteticamente agradável (Taruffi & Koelsch, 2014; Juslin et al., 2013). A beleza e a estrutura da música, combinadas com a sua capacidade de atuar como agente homeostático no humor e provocar reações empáticas, são fatores fundamentais para que a tristeza, de algo negativo, se torne uma experiência positiva. Neste sentido, a catarse também pode emergir como uma hipótese importante de forma a explicar o prazer experienciado na música triste. Este conceito sugere que a música permite ao ouvinte processar emoções negativas de uma forma segura e controlada, o que resulta num alívio emocional. De acordo com Sachs et al (2015), a resposta catártica promove uma espécie de purificação emocional, onde a música atua como uma via de expressão para emoções reprimidas. Deste modo, ao experienciar a tristeza através da música, ocorre uma reação emocional restauradora, permitindo-lhe enfrentar sentimentos de perda ou melancolia de modo positivo e compensador.

Não obstante a complexidade do paradoxo, uma perspectiva que foi oferecida por Eerola e colegas (2018) é que a investigação até agora tem sido demasiado focada em níveis particulares em detrimento de uma visão integrativa e abrangente do mesmo, ou seja, não é que o paradoxo seja impossível de explicar, mas sim que talvez simplesmente se tenha definido mal o problema. A explicação que os autores propõem é que a transformação hedónica – a mudança de uma emoção negativa para uma valência mais positiva – ocorre em três níveis diferentes dispostos num eixo hedónico (consultar Figura 3). Nomeadamente ao nível psicossocial, onde a música pode servir como substituto social, ao proporcionar conforto através de uma representação de um agente empático (Launay, 2015) ou fazendo com que as pessoas “fiquem comovidas” (Vuoskoski & Eerola, 2017), ou ainda ao evocar memórias nostálgicas, como sugerem Van den Tol e Edwards (2013; 2015). Adicionalmente, ao nível cultural, a apreciação de emoções negativas na música pode ser vista como um reflexo de normas culturais e valores estéticos que permitem que a tristeza seja vista sob uma lente positiva. As explicações neste nível abrangem desde tradições musicais (Mesquita & Walker, 2003) e narrativas culturais de tragédia (Eagleton, 2003) à apreciação estética (Juslin, 2013) e até mesmo à reflexão sobre o significado da vida humana (Nussbaum, 2001; Hamilton, 2016).

Por fim, o nível biológico. A dimensão biológica permanece a mais enigmática e menos fundamentada dos três níveis de análise. Apesar da existência de teorias promissoras, como a proposta por Huron (2011), que sugere que a prolactina, uma hormona associada ao alívio do sofrimento emocional (Torner, 2016), poderia desempenhar um papel importante, essa explicação é, no máximo, parcial. O nível biológico oferece um panorama fértil para novas investigações, mas as evidências até ao momento são fragmentadas e ainda não elucidam por completo os mecanismos subjacentes a essa transformação emocional.

Focarmo-nos exclusivamente neste marcador hormonal seria uma simplificação excessiva, dado que a experiência do prazer ao ouvir música triste parece envolver uma rede neural e hormonal muito mais complexa. A experiência de tristeza em si, como resposta a uma perda real ou simbólica, desencadeia reações adaptativas no organismo, caracterizadas por estados anedonia e falta de energia, acompanhadas pela redução da atividade serotoninérgica e dopaminérgica, além de alterações no eixo HPA (hipotálamo-pituitária-adrenal), que são, por definição, desprovidas de prazer. Estas respostas adaptativas têm como função preservar energia e proteger o indivíduo em estados de

sofrimento, o que, à primeira vista, parece logicamente incompatível com a ideia de que a tristeza possa causar prazer (Prossin et al., 2016).

Contudo, o que Huron (2011) propõe é que a resposta de consolo, associada à prolactina e à oxitocina, poderia ser ativada em contextos onde a tristeza é percebida como não ameaçadora, como acontece ao ouvir música, de modo que ocorre a modulação de respostas cardiovasculares, além da inibição da atividade simpática e do eixo HPA. Assim, a música triste poderia, em teoria, desencadear uma resposta biológica que resulta num efeito calmante, que proporciona ao ouvinte uma sensação de consolo e prazer. Porém, as evidências empíricas diretas sobre essa hipótese são escassas e inconsistentes. Apesar de estudos como os de Gerra et al. (1998) e Nilsson (2009) terem documentado mudanças neuroendócrinas em resposta à música, não há dados robustos que vinculem especificamente tais respostas hormonais ao prazer derivado da tristeza musical.

Adicionalmente, estudos neurocientíficos que investigam as respostas emocionais à música em geral mostram que regiões associadas ao processamento emocional, como o sistema límbico e o CPF, são ativadas durante a audição de música triste. Investigação com neuroimagem tem demonstrado que a amígdala, o hipocampo e o córtex cingulado anterior são áreas frequentemente envolvidas no processamento de emoções evocadas pela música, o que sugere uma sobreposição entre as respostas emocionais a estímulos musicais e não-musicais (Koelsch, 2014; Koelsch, 2018). No entanto, a relação exata entre estas ativações e a experiência subjetiva de prazer na tristeza musical ainda pode ser aprofundada.

Em suma, o nível biológico da experiência de prazer na tristeza é o menos compreendido dos três níveis de explicação (consultar Tabela 1). Embora existam teorias e conjecturas, as evidências empíricas que sustentam essas hipóteses ainda são limitadas. A complexidade dos sistemas hormonais e neurológicos envolvidos nas emoções torna difícil fazer inferências claras a partir dos poucos estudos existentes. Isto enfatiza a necessidade urgente de novas investigações que explorem como a música pode mediar essa transformação hedônica no cérebro e fornecer respostas mais conclusivas sobre o papel das reações biológicas neste processo.

	Biológico	Psicossocial	Cultural
Nível	Individual	Interpessoal	Coletivo
Mecanismos	Homeostase	Regulação do humor, empatia, memórias, substitutos sociais	Significados partilhados através de aprendizagem e acumulação cultural
Mudança hedónica	[--] para [-]	[-] para [+]	[+] para [++]
Medidas	Neurais, hormonais, fisiológicas	Comportamentos, autorrelatos (prazer, estar comovido), narrativas	Evidências históricas e etnográficas
Evidências	Inexistentes ou referentes apenas à tristeza real ou ao prazer induzido pela música	Evidências positivas para reparo de humor. Nenhuma evidência para substituição social ou nostalgia; evidências indiretas para empatia	Alguma evidência de apoio na história ocidental recente e em relatos individuais
Advertências	Funções e correlatos físicos dos sistemas biológicos carecem de compreensão	A regulação do humor aponta para a mudança do humor, não para o prazer. Evidência principalmente correlacional que liga empatia e prazer. Falta de investigação com ênfase no contexto social	Falta de perspectivas transculturais e existência de apenas algumas analogias históricas

Tabela 1 - Resumo dos principais mecanismos, “hedonic shift” e evidências nos três níveis de explicação do prazer associado à música triste. – Adaptado de Eerola et al., 2018 (traduzido pelo aluno)

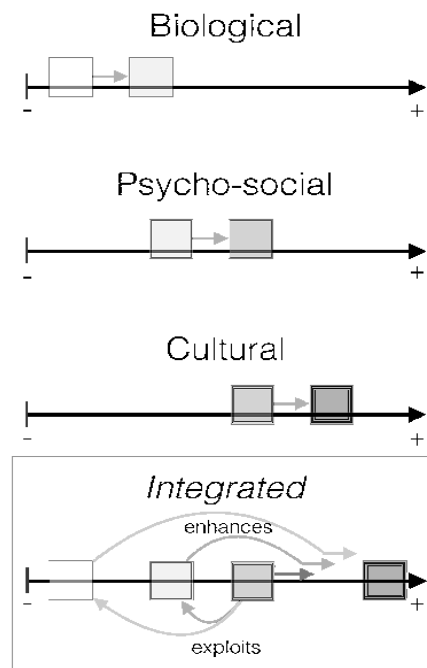


Figura 2 - Modelo do “Hedonic Shift”, com o nível de explicação Biológico, Psicossocial, Cultural e Integrado (dispostos de cima para baixo, respetivamente). – Retirado de Eerola et al., 2018

Correlatos Neurais da Emoção Musical

O entendimento dos mecanismos subjacentes às respostas emocionais da música tem atraído cada vez mais interesse na neurociência. Um dos componentes centrais para a compreensão dessas respostas é o sistema auditivo, que desempenha um papel crucial no processamento dos estímulos musicais e na mediação afetiva (LeDoux, 2000; Koelsch

et al., 2018). A evolução do sistema auditivo está intimamente ligada ao sistema vestibular, o que revela a sua complexidade e interconexão com outros sistemas cerebrais, incluindo os responsáveis pelas respostas emocionais.

O sistema auditivo evoluiu a partir do sistema vestibular, e há evidências que indicam que o nervo vestibular contém fibras responsivas a estímulos acústicos. As estruturas otolíticas, como o sáculo e o utrículo, são sensíveis tanto a sons quanto a vibrações, e as suas projeções influenciam diretamente os neurónios motores espinhais e oculares em resposta a sons súbitos ou de baixa frequência (Koelsch, 2014). Estas respostas são mediadas por núcleos vestibulares que projetam para diversas áreas cerebrais, incluindo a formação reticular e o núcleo parabraquial, centros cruciais para o processamento visceral e autónomo. Este processamento subcortical não só dá origem às sensações auditivas, como também contribui para respostas motoras e autónomas, como as sensações físicas de querer "mover-se ao ritmo" da música (Koelsch et al., 2018).

Porém, ainda que o processamento subcortical de sons desempenhe um papel importante nas respostas emocionais viscerais e motoras à música, é nas regiões corticais que a emoção musical assume uma complexidade superior. O córtex auditivo, por exemplo, não só processa características acústicas da música, como também interage com o sistema límbico para modular as emoções que a música evoca. Estudos recentes revelam que o córtex auditivo é mais do que um simples centro de processamento sensorial, também atua como um *hub* de conectividade com estruturas associadas à emoção, como o NAcc, o COF, o córtex cingulado anterior e a ínsula, e é capaz de modular diretamente os processos emocionais com base na perceção estímulos musicais (Koelsch et al., 2018).

Além do córtex auditivo, outras regiões corticais, como o COF e a circunvolução cingulada, também estão envolvidas no processamento emocional da música. O COF está intimamente envolvido na avaliação e julgamento estético de estímulos musicais. A sua conectividade com o NAcc permite a integração de memórias emocionais com respostas emocionais imediatas, facilitando a transição de emoções inicialmente negativas, como a tristeza, para estados de prazer (Blood & Zatorre, 2001). Este processo é central para entender o prazer na tristeza, na medida em que pode ocorrer uma resposta estética e emocional que transforme o estímulo negativo numa experiência positiva através de processos de reavaliação cognitiva (Damásio et al., 2015).

Através de neuroimagem foi também revelado que a música envolve ambas regiões corticais e subcorticais (consultar Figura 3), como a amígdala e o hipocampo, que desempenham papéis centrais na modulação de memórias emocionais e na avaliação da saliência emocional dos estímulos (Koelsch, 2014). Estas áreas são ativadas tanto por música feliz quanto por triste, o que sugere que respondem à relevância emocional do estímulo, em vez de emoções específicas como tristeza ou alegria. O hipocampo, em particular, tem sido associado à evocação de memórias emocionais e à experiência de nostalgia (Mitterschiffthaler et al., 2007). A música também ativa o NAcc e o estriado ventral, regiões críticas no sistema de recompensa do cérebro, responsáveis pela liberação de dopamina (Salimpoor et al., 2013). Estas descobertas vêm corroborar que a música, especialmente a de índole triste, pode evocar uma gama de respostas emocionais complexas que envolvem tanto o processamento de memórias quanto a ativação de mecanismos de recompensa.

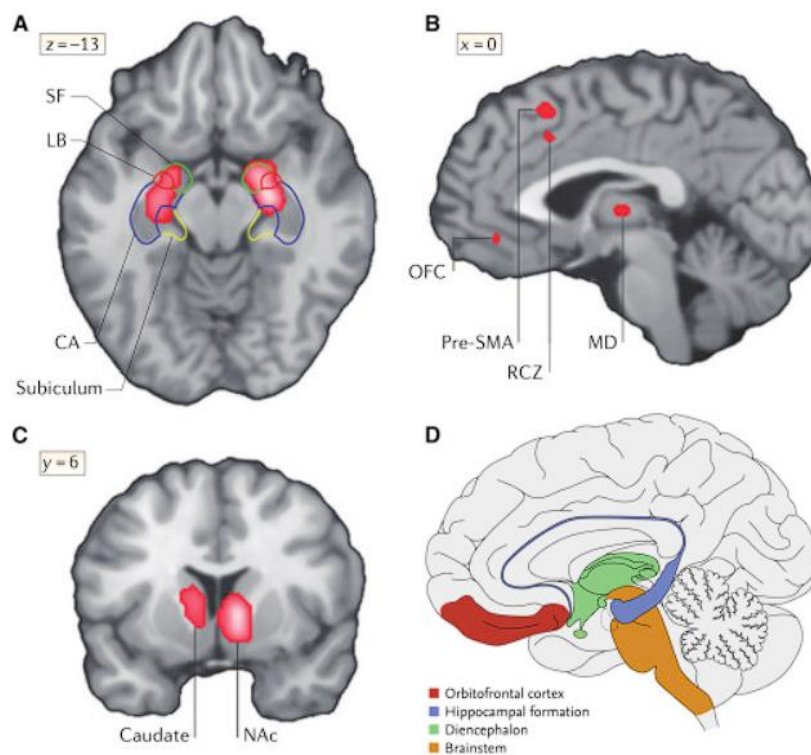


Figura 3 - (A-C) Resultados de uma meta-análise de estudos de neuroimagem funcional sobre emoções evocadas pela música (Koelsch, 2014). (A) CA - Cornu ammonis, Subiculum – Subículo, SF – Amígdala superficial, LB – Amígdala basolateral; (B) OFC - Córtex orbitofrontal, Pre-SMA - Área motora pré-suplementar, RCZ - Zona cingulada rostródorsal, MD - Tálamo mediodorsal. (C) NAc- Núcleo accumbens, Caudate - caudado (D) Ilustra quatro sistemas de afeto de acordo com a Teoria do Quarteto (Koelsch et al., 2015) sistemas centrados no tronco cerebral (laranja), centrados no diencéfalo (verde), centrados no hipocampo (azul) e centrados orbitofrontal (vermelho).

Retirado de Koelsch et al., 2018.

Desta perspectiva, embora a base neural destas emoções seja bem documentada, é o papel da regulação cortical que deve ser o foco de uma compreensão mais aprofundada. O CF e CPF, por exemplo, são fundamentais na regulação e modulação das respostas emocionais que têm origem em estruturas subcorticais como a amígdala e o hipocampo (Koelsch et al., 2018). Esta regulação cortical pode permitir que emoções negativas, como a tristeza, sejam re-contextualizadas em experiências positivas, dependendo da avaliação cognitiva do indivíduo e do contexto em que a música é ouvida. É essa capacidade do córtex de modular e reavaliar as respostas subcorticais que pode ser crucial para entender o prazer associado a estímulos negativos.

Assim, à medida que avançamos na exploração dos correlatos neurais do prazer musical, especialmente em resposta à música triste, a compreensão das dinâmicas corticais torna-se cada vez mais fulcral, nomeadamente as suas interações com regiões subcorticais. Uma das maneiras de se estudar estes processos é através de estudos de lateralização cortical. Daqui surge a premissa de que se se for possível caracterizar os padrões de assimetria cortical, através de técnicas como o EEG, talvez se possa estabelecer um panorama mais claro sobre as dinâmicas corticais associadas à integração e modulação de emoções complexas.

Lateralização Cortical e Eletroencefalografia

A lateralização cortical refere-se ao conceito de especificidade de processamento de informações associada a cada um dos diferentes hemisférios cerebrais, estando esta divisão de tarefas envolvida tanto na cognição quanto na emoção. A música tem assim sido objeto de estudo para examinar os padrões de lateralização relacionados à experiência emocional; mais concretamente, estudos com técnicas de neuroimagem e eletrofisiologia, como a fMRI e o EEG, têm investigado como os hemisférios esquerdo e direito respondem a diferentes músicas como estímulos emocionais.

Estes estudos indicam que diferentes hemisférios cerebrais podem ser responsáveis pelo processamento de emoções de valências distintas, um aspeto que se revela crucial na investigação da resposta emocional à música triste. A investigação aponta para uma predominância do hemisfério direito no processamento de estímulos negativos, como tristeza e medo (Davidson, 1992; Altenmüller et al., 2002), enquanto o hemisfério esquerdo é consistentemente associado ao processamento de emoções

positivas, como o prazer (Arjmand et al., 2017; Brattico et al., 2016). Este facto cria um cenário interessante ao estudar o paradoxo, uma vez que a música triste, embora seja estabelecida como valência negativa por definição, pode evocar respostas de valência positiva associadas ao prazer.

A questão central que emerge é: qual será o comportamento relativo dos hemisférios nesta experiência paradoxal? Esta indagação ainda não tem uma resposta definitiva, uma vez que a tristeza pode inicialmente ativar o hemisfério direito, responsável por regular emoções negativas, enquanto o prazer associado pode envolver o hemisfério esquerdo. Por isso, torna-se crucial investigar como essa interação entre hemisférios se desenrola em resposta a estímulos musicais que combinam tristeza e prazer. Estudos como os de Altenmüller et al. (2002) e Arjmand et al. (2017) já demonstraram que essa lateralização é dinâmica e depende da valência emocional dos estímulos musicais, o que nos sugere que a música triste pode recrutar ambos os hemisférios de maneiras distintas de acordo com a resposta emocional predominante.

De modo a averiguar estas diferenças na lateralização, a AAF (consultar Equação 1) tem sido amplamente utilizada como um marcador eletrofisiológico para medir a regulação emocional (Davidson, 1992). A atividade alfa (8-13 Hz), inversamente proporcional à ativação cortical, oferece uma janela direta para analisar a resposta emocional cerebral. Um aumento de atividade alfa no hemisfério direito ou diminuição da atividade alfa no hemisfério esquerdo (AAF positiva) indica uma menor ou maior ativação cortical do hemisfério direito ou esquerdo, respetivamente, estando associados a emoções positivas e prazer. Por outro lado, a predominância de atividade alfa no hemisfério esquerdo ou diminuição da atividade alfa no hemisfério direito (AAF negativa) está associada a emoções negativas, como tristeza. Deste modo, a escolha de analisar a assimetria alfa neste tipo de investigação é justificada pela sua relevância em capturar a forma como o cérebro reavalia e processa estímulos emocionais ambivalentes, como o prazer evocado pela música triste (Brattico et al., 2016; Arjmand et al., 2017).

Em particular, a assimetria alfa em áreas frontais e pré-frontais permite captar como os hemisférios cerebrais modulam a resposta emocional durante a escuta musical. Esta abordagem tem sido utilizada com sucesso em investigações anteriores para mapear mudanças na lateralização cerebral durante experiências emocionais com música (Chabin et al., 2020). O uso do EEG como ferramenta de elevada resolução temporal é, portanto, crucial para medir essas mudanças dinâmicas em tempo real, captando o modo como a

reavaliação emocional ocorre à medida que a música triste é experienciada tanto como negativa quanto como prazerosa.

$$\text{Alpha frontal asymmetry} = (\alpha \text{ PSD RF ROI}) - (\alpha \text{ PSD LF ROI})$$

Equação 1 - Fórmula para o cálculo da assimetria alfa frontal; PSD = Densidade espectral de potência; RF/LF = Região frontal direita e esquerda; ROI = Região de interesse. – Retirado de Chabin et al., 2020

Posto isto, o presente estudo assume o objetivo de investigar a AAF na exposição a música triste, e explorar como estas assimetrias se correlacionam com a percepção de prazer. O estudo propõe-se a comparar a atividade cerebral associada a músicas que os participantes perceberam como tristes e com as quais relataram sentir prazer com aquelas que não foram associadas a essa experiência prazerosa. A análise da AAF permitirá investigar como os hemisférios cerebrais processam simultaneamente emoções aparentemente contraditórias, como a tristeza e o prazer.

Este estudo tem como potencial contribuir significativamente para a compreensão dos mecanismos biológicos envolvidos no paradoxo do prazer na tristeza, uma área que necessita de mais investigação. Através da utilização de EEG, espera-se que este estudo ofereça novas evidências sobre o papel da lateralização cortical na regulação de respostas emocionais complexas e contribua para a compreensão do papel dos sistemas corticais e subcorticais em experiências emocionais complexas.

Metodologia

Os participantes foram expostos a estímulos musicais enquanto se registava a atividade cerebral através de EEG. A análise focou-se em medir a direção (positiva ou negativa) da AAF para investigar se o prazer está associado a uma ativação cortical predominante do hemisfério esquerdo, mesmo na percepção de música triste, como sugerido por estudos anteriores. Adicionalmente, foram analisadas as magnitudes das assimetrias (distância a zero), de modo a averiguar a contribuição relativa dos hemisférios em diferentes condições. Após cada excerto, os participantes avaliaram a sua percepção emocional, bem como a da música, o que forneceu um feedback subjetivo para ser correlacionado com as medidas eletrofisiológicas.

O presente estudo pretende contribuir para a investigação sobre: (i) A relação entre percepção de prazer e tristeza em resposta à música e a AAF; (ii) Compreender os processos perceptivos subjacentes à experiência emocional com música triste e prazerosa; (iii) Avaliar o impacto das variações de valência emocional na AAF em contexto musical.

Para este efeito, foram propostas as seguintes questões e hipóteses correspondentes:

Questões de Investigação (Q):

- **Q1:** Existem diferenças significativas na AAF entre a música percebida como triste e prazerosa e a música percebida como triste e não prazerosa?
- **Q2:** Existem diferenças significativas na AAF entre as condições de percepção neutra e percepção triste, considerando diferentes níveis de prazer?
- **Q3:** De que modo varia a AAF com os diferentes níveis de prazer em diferentes valências emocionais (positiva e negativa)?

Hipóteses (H):

- **H1:** A música triste percebida como altamente prazerosa resulta numa maior magnitude de AAF em comparação com a música triste percebida com baixo prazer, refletindo uma maior especialização hemisférica conforme o prazer aumenta.
- **H2:** A música neutra percebida como prazerosa resulta numa maior magnitude de AAF em comparação com a música triste e prazerosa, devido à sobreposição de estímulos positivos (prazer) e negativos (tristeza) na música triste.
- **H3:** A magnitude da AAF varia significativamente com os diferentes níveis de prazer dentro das valências emocionais positiva e negativa. A música percebida como prazerosa associada a valências positivas apresenta maior AAF em comparação com a música percebida como prazerosa associada a valências negativas.

Tipologia do Estudo

Este estudo é de natureza experimental, conduzido em ambiente laboratorial com o objetivo de investigar as respostas neurofisiológicas associadas à percepção emocional de estímulos musicais. A amostra foi obtida por conveniência, com participantes recrutados por meio de divulgação online e contatos diretos. A recolha dos dados incluiu a utilização de um equipamento de EEG para monitorizar a atividade cerebral enquanto os participantes ouviam excertos musicais. Adicionalmente, os participantes preencheram escalas subjetivas de avaliação emocional relacionadas com a percepção de prazer, tristeza, familiaridade e ativação emocional em resposta à música.

Este estudo utiliza uma abordagem descritiva-comparativa e correlacional, uma vez que procura descrever as diferenças nas respostas emocionais e neurofisiológicas entre diferentes estímulos musicais, assim como correlacionar variáveis subjetivas (por exemplo, percepção de prazer e tristeza) com medidas objetivas (AAF). A análise estatística foi realizada em várias fases, incluindo (1) estatística descritiva para caracterizar as respostas dos participantes; (2) testes de hipóteses para comparar as condições experimentais; (3) correlações para examinar a relação entre variáveis subjetivas e fisiológicas.

Participantes

A amostra que serviu de base a este estudo foi constituída por 20 participantes de nacionalidade portuguesa com idades compreendidas entre os 18 e os 27 anos (média, $M = 20,8$ anos; desvio-padrão, $DP = 2,63$ anos), visto que esta é a fase em que os indivíduos formam o seu gosto musical e apresentam experiências emocionais mais intensas (LeBlanc et al., 1996), e sensíveis à recompensa musical de acordo com o *Barcelona Music Reward Questionnaire* (BMRQ, Mas-Herrero et al., 2013) (pontuação total do BMRQ >65 , grupo Hedónico/Hiper hedónico de Mas-Herrero et al., 2014) ($M = 77,55$, $DP = 6,68$). Indivíduos do sexo feminino representam a maior parte ($n = 15$; 71.4%), e os indivíduos do sexo masculino correspondem a uma percentagem menor ($n = 5$; 28.6%). No que diz respeito ao nível de escolaridade, os dados equivalem ao nível mais elevado concluído. Deste modo, a maior parte dos indivíduos pertencentes à amostra que concluiu o Ensino Secundário ($n = 14$; 70%), em seguida, Licenciatura ($n = 5$; 25%) e, por fim, o nível de Mestrado ($n = 1$; 5%). Todos os participantes eram dextros,

verificado através do *Edinburgh Handedness Inventory* (EHI), com uma pontuação superior a 50 (Oldfield, 1971) ($M = 85$; $DP = 17,6$) e de nacionalidade portuguesa. Ademais, uma parte significativa dos participantes teve ensino nalgum instrumento musical ($n = 10$; 47.6%). Os anos de treino musical ou de instrução formal de instrumento dos participantes variaram de 0 a 21 anos ($M = 3$ anos; $DP = 4,68$ anos).

Os participantes foram recrutados através de redes sociais como *Instagram* e *WhatsApp*, nas quais foi distribuído o convite de inscrição em conjunto com a respetiva hiperligação para um formulário sociodemográfico. Esta abordagem teve como intuito alcançar um público diversificado e aumentar a probabilidade de reunir um número significativo de participantes que correspondam aos critérios específicos do estudo. Adicionalmente, o estudo foi partilhado a alunos da Universidade Católica Portuguesa (UCP). A participação foi recompensada com créditos numa Unidade Curricular (UC), incentivando a adesão à mesma.

Como é prática comum neste tipo de investigação, foi elaborado um consentimento informado para os participantes assinarem no laboratório.

Este estudo obteve o parecer positivo (Referência I-146-4-24) pela Comissão de Ética (CE) local, ISPA Instituto Universitário de Ciências Psicológicas, Sociais e da Vida.

Critérios de inclusão

Para garantir a homogeneidade da amostra e a validade dos resultados, os seguintes critérios de inclusão foram aplicados:

(a) Indivíduos do sexo masculino e do sexo feminino; (b) Idades compreendidas entre os 17 e os 27 anos; (d) Nacionalidade portuguesa; (e) Dextros; (f) Sensíveis a recompensa musical.

Critérios de exclusão

Para garantir que os padrões de ativação cortical observados não eram influenciados por condições externas, aplicaram-se os seguintes critérios de exclusão:

(a) Problemas auditivos; (b) Historial de doenças neuropsicológicas.

Materiais

Formulários pré-experiência

1. Versão portuguesa do *Edinburgh Handedness Inventory*

Nesta investigação, visto que foram avaliados padrões de assimetria cortical, foi utilizado o EHI como parte dos formulários a preencher pelos participantes. O EHI é um instrumento psicométrico desenvolvido para quantificar a dominância manual dos indivíduos, originalmente criado por Oldfield (1971), este inventário é amplamente empregue em estudos na área da neurociência e da psicologia para avaliar a lateralidade dos participantes, de modo a assegurar a homogeneidade dos grupos experimentais quanto à dominância manual.

O inventário é composto por 10 itens que inquiram sobre a preferência manual em diversas atividades quotidianas, tais como escrever, desenhar, lançar uma bola, escovar os dentes, entre outras. Existem duas colunas, uma para a mão direita e uma para a esquerda, o participante tem de indicar qual das mãos usa preferencialmente na execução das atividades que lhes são apresentadas. Para tal, coloca um “+” na coluna que corresponde à mão que utiliza preferencialmente na execução dessas atividades. Quando a sua preferência for tão forte que nunca utiliza a outra mão, a não ser que seja forçado/a, assinala “++”. Se o uso de uma ou de outra mão for indiferente, assinala “+” nas duas colunas.

Contabilizam-se dois pontos em “++” e um ponto em “+”. O Quociente de Lateralidade (QL) é calculado ao dividir a subtração do número de pontos na direita (D) ao número de pontos na esquerda (E) pela soma número de pontos na direita com o número de pontos na esquerda, multiplicada por cem. $QL = (D - E) / (D + E) * 100$

Este resultado pode variar de -100 (completamente canhoto) a +100 (completamente destro), permitindo uma quantificação clara da lateralidade manual.

No contexto deste estudo, o EHI é utilizado como um critério de inclusão para garantir que todos os participantes sejam dextros, minimizando, assim, a variabilidade neurofisiológica que poderia influenciar os padrões de lateralização cortical observados na EEG durante a exposição aos estímulos musicais. A dominância manual é um fator relevante na investigação da lateralização cerebral, dado que dextros e canhotos podem exibir diferentes padrões de ativação hemisférica.

Para esta investigação, foi empregue a versão portuguesa do EHI (Espírito-Santo et al., 2017).

2. Versão portuguesa preliminar do BMRQ

Dado o objetivo de avaliar a diferença na perceção de prazer nos excertos musicais, foi utilizado o BMRQ, desenvolvido por Mas-Herrero et al. (2013), que é um

instrumento psicométrico concebido para avaliar a sensibilidade dos indivíduos às recompensas musicais. Este questionário é utilizado para perceber como as diversas componentes musicais podem causar prazer em diferentes pessoas. O BMRQ considera várias dimensões da experiência musical, o que permite uma avaliação abrangente do impacto emocional e gratificante da música.

O BMRQ é composto por 20 itens que abordam diferentes aspetos relacionados com a experiência musical, distribuídos em cinco subescalas: (i) Emoção musical: avalia a intensidade das emoções positivas que a música pode evocar no ouvinte; (ii) Procura musical: mede o quanto o indivíduo procura ativamente novas experiências musicais e tem interesse em explorar diferentes tipos de música; (iii) Componente social: examina o impacto social da música, incluindo a maneira como a música pode melhorar as interações sociais e fortalecer os laços entre as pessoas; (iv) Componente sensoriomotora: avalia as reações físicas do corpo à música, como calafrios ou vontade de dançar; (v) Componente cognitiva: mede a música como estímulo cognitivo, na medida em que provoca reflexões e pensamentos profundos. Os participantes respondem aos itens do BMRQ usando uma escala Likert de 5 pontos, variando de "Discordo totalmente" a "Concordo totalmente". Esta abordagem permite quantificar o grau de concordância ou discordância dos participantes em relação a cada afirmação apresentada.

No contexto do presente estudo, o BMRQ é utilizado como um critério de inclusão para garantir que todos os participantes são sensíveis à recompensa musical (grupo hedónico) e seja possível, deste modo, avaliar a sua perceção de prazer nos estímulos musicais apresentados.

Foi empregue a versão de validação preliminar da versão portuguesa do BMRQ (Nogueira, 2018), obtida através de contacto via endereço eletrónico com o Doutor João Nogueira.

Estímulos musicais

Os estímulos musicais utilizados foram minuciosamente selecionados e validados para garantir a adequação e a precisão nas características da perceção emocional pretendida. Os excertos musicais possuem a duração de 18 segundos (Brattico et al., 2016) e foram divididos em duas condições: música triste (20 excertos) e música neutra (10 excertos), de modo que haja uma condição de controlo de valência emocional. A inclusão da música neutra teve o intuito de isolar os efeitos da música triste de efeitos

musicais gerais, de modo a garantir que os resultados advêm das características emocionais proporcionando uma análise mais robusta e fidedigna.

A seleção dos excertos foi baseada numa revisão extensiva da literatura sobre a temática em questão, com foco especificamente em estudos que classificaram músicas como tristes (Kallinen, 2005; Peretz et al., 1998; Mitterschiffthaler et al., 2007) ou neutras (Mitterschiffthaler et al., 2007; Ribeiro et al., 2019). O processo assegurou que apenas peças previamente identificadas e validadas como evocadoras de tristeza ou de uma resposta emocional neutra fossem incluídas na fase inicial de seleção. Foram escolhidas apenas músicas eruditas, abrangendo diversos períodos musicais, incluindo o período clássico, barroco e romântico, e instrumentais, sem componente vocal, no intuito de evitar evocações de memória autobiográficas (Janata et al., 2007). Os compositores selecionados são de renome, o que garante a alta qualidade dos excertos musicais e uma ampla aceitação cultural das peças escolhidas. A seleção abrangeu uma variedade de instrumentos e formas musicais, proporcionando uma base rica de estímulos para a investigação.

Para assegurar a validade dos estímulos, os excertos foram duplamente validados por três músicos profissionais com formação em performance musical (grau de mestre) e instrumentistas profissionais. Estes avaliaram a percepção emocional de cada peça musical para garantir que cada uma delas era consistentemente classificada dentro da sua categoria emocional designada (triste ou neutra), tendo em conta que a seleção só procedia com o consenso de todos os especialistas. A execução das peças musicais foi escolhida, através da plataforma Youtube, pelos mesmos músicos profissionais que participaram na validação, com base nos mesmos critérios. Este passo foi essencial para garantir que a interpretação das peças mantivesse a integridade emocional e a qualidade musical necessárias para o estudo. A execução profissional e historicamente informada contribui para que nuances interpretativas não introduzam variabilidade indesejada nos estímulos.

O último passo na seleção dos excertos musicais envolveu uma edição cuidadosa utilizando o software Audacity. O Audacity é um editor de áudio digital gratuito e de código aberto, amplamente utilizado por profissionais e amadores dada a sua interface intuitiva e funcionalidades de edição. Para garantir que os excertos musicais selecionados transmitissem de forma eficaz as emoções desejadas, procedeu-se à audição de cada peça musical na íntegra e foram extraídos (de modo subjetivo) segmentos de 18 segundos que melhor exemplificavam as emoções de tristeza e prazer (condição triste), ou de ambiguidade (condição neutra). Este processo subjetivo foi fundamental para selecionar

excertos específicos dentro das peças que pudessem evocar as respostas emocionais pretendidas de maneira consistente.

De seguida estão listados os excertos pertencentes a ambas as condições, com respetivo compositor, peça e segmento de 18 segundos extraído.

Excertos tristes

1. **Maurice Ravel** - *Pavane pour une infante défunte* (Orchestre national de France, Dalia Stasevska) (dos 11 segundos aos 29 segundos)
2. **Ottorino Respighi** - *Pines of Rome, P. 141 - II. The Pines Near A Catacomb* (dos 2 minutos e 40 segundos aos 2 minutos e 58 segundos)
3. **John Dowland** - *Lachrimae Tristes* (dos 32 segundos aos 50 segundos)
4. **Franz Schubert** - *Stabat Mater in F Minor, D. 383 - No. 1, Chor: Jesus Christus schwebt am Kreuzel* (dos 11 segundos aos 29 segundos)
5. **Felix Mendelssohn** - *Songs Without Words, Op. 30 No. 6 in F-sharp Minor - Venetian Gondellied* (dos 2 minutos aos 2 minutos e 18 segundos)
6. **Carl Philipp Emanuel Bach** - *Symphony in E-Flat Major, Op. 1 - III. Largo* (dos 7 minutos e 26 segundos aos 7 minutos e 54 segundos)
7. **Robert Schumann** - *Symphony No. 4 in D Minor, Op. 120 - II. Romanze (Ziemlich langsam)* (do 1 minuto e 31 segundos ao 1 minuto e 49 segundos)
8. **Tomaso Albinoni** - *Adagio* (Budapest Scoring Symphonic Orchestra) (dos 2 minutos e 35 segundos aos 2 minutos e 53 segundos)
9. **Johann Sebastian Bach** - *Matthäus-Passion, BWV 244 - "Erbarme dich" (Aria)* (dos 8 segundos aos 26 segundos)
10. **Johannes Brahms** - *Piano Concerto No. 1 in D Minor, Op. 15 - II. Adagio* (do 1 minuto e 50 segundos aos 2 minutos e 8 segundos)
11. **Max Bruch** - *Kol Nidrei* (hr-Sinfonieorchester, Mischa Maisky, Paavo Järvi) (do 1 minuto e 33 segundos ao 1 minuto e 51 segundos)
12. **Frédéric Chopin** - *Nocturne, Op. 48 No. 1 in C Minor* (Arthur Rubinstein) (do início aos 18 segundos)
13. **Frédéric Chopin** - *Nocturne, Op. 9 No. 1 in B-flat Minor* (Arthur Rubinstein) (dos 50 segundos ao 1 minuto e 8 segundos)
14. **Claude Debussy** - *Des pas sur la neige (Préludes - Book I)* (Daniel Barenboim) (dos 3 minutos e 31 segundos aos 3 minutos e 49 segundos)

15. **Edvard Grieg** - *Peer Gynt Suite No. 2, Op. 55 - IV. Solveig's Song* (do 1 minuto e 5 segundos ao 1 minuto e 23 segundos)
16. **Wolfgang Amadeus Mozart** - *Piano Concerto No. 23 in A Major, K. 488 - II. Adagio* (Vladimir Horowitz) (do 1 minuto e 20 segundos ao 1 minuto e 38 segundos)
17. **Sergei Rachmaninoff** - *Piano Concerto No. 2 in C Minor, Op. 18 - II. Adagio sostenuto* (Performed by Rachmaninoff) (dos 8 minutos e 40 segundos aos 8 minutos e 58 segundos)
18. **Joaquín Rodrigo** - *Concierto de Aranjuez* (Narciso Yepes) (dos 6 minutos e 12 segundos aos 6 minutos e 30 segundos)
19. **Camille Saint-Saëns** - *Le Cygne* (Steven Isserlis & Connie Shih) (dos 2 minutos e 14 segundos aos 2 minutos e 32 segundos)
20. **Franz Schubert** - *String Quartet No. 14 in D Minor (Death and the Maiden) - II. Andante con moto* (do 1 minuto e 32 segundos ao 1 minuto e 50 segundos)

Excertos Neutros

1. **Gustav Holst** - *The Planets, Op. 32 - V. Saturn, The Bringer Of Old Age* (dos 7 minutos e 30 segundos aos 7 minutos e 48 segundos)
2. **Gustav Holst** - *The Planets, Op. 32 - II. Venus, The Bringer Of Peace* (do 1 minuto e 32 segundos ao 1 minuto e 50 segundos)
3. **Gustav Holst** - *The Planets, Op. 32 - VIII. Neptune, the Mystic* (do 1 minuto e 30 segundos aos 1 minuto e 48 segundos)
4. **Antonín Dvořák** - *Symphony No. 9 in E Minor, "New World Symphony," Op. 95, B. 178* (do 1 minuto e 30 segundos ao 1 minuto e 48 segundos)
5. **Giuseppe Verdi** - *La Traviata, Ouverture* (do 1 minuto e 50 segundos aos 2 minutos e 8 segundos)
6. **Johann Sebastian Bach** - *Orchestral Suite No. 2 in B Minor, BWV 1067* (Pierre Hantaï, Riccardo Minasi, Jordi Savall) (dos 4 minutos e 30 segundos aos 4 minutos e 48 segundos)
7. **Claude Debussy** - *Prélude à l'après-midi d'un faune* (Sir Simon Rattle, Berliner Philharmoniker) (dos 40 segundos aos 58 segundos)

8. **Modest Mussorgsky** - *Pictures at an Exhibition* (orchestration by Maurice Ravel) (do 1 minuto e 39 segundos ao 1 minuto e 57 segundos)
9. **George Frideric Handel** - *Water Music Suite No. 1 in F Major, HWV 348 - VI. Menuet* (do 1 minuto e 30 segundos ao 1 minuto e 48 segundos)
10. **Robert Schumann** - *Vogel als Prophet* (Maria João Pires) (dos 11 segundos aos 29 segundos)

Tarefa

1. Psychopy

A experiência foi cuidadosamente delineada no PsychoPy para garantir um fluxo natural e eficiente durante a recolha de dados. A configuração envolveu os seguintes componentes principais: Configuração Inicial; Interface de boas-vindas e consentimento; Exposição aos estímulos musicais; Recolha de autorrelatos; Procedimentos de finalização.

O uso do PsychoPy, permitiu um controlo preciso sobre a apresentação dos estímulos e o registo das respostas dos participantes, de modo a assegurar a manipulação e medição cuidadosa das variáveis. Adicionalmente, integrou-se facilmente com sistemas de EEG, através da sincronização dos registos fisiológicos com a apresentação dos estímulos. A função de randomização incorporada no software assegurou que a ordem de apresentação dos estímulos variasse para cada participante, eliminando, ou pelo menos reduzindo, o viés de ordem.

Medidas de autorrelato

Nesta tarefa, através do Psychopy, foram incorporadas, como medidas de autorrelato, 5 escalas de Likert, nomeadamente, uma escala de perceção emocional na música, uma escala de perceção de prazer, o *Self-Assessment Manikin* (SAM, Margaret Bradley & Peter Lang, 1994) - componentes de valência e ativação - e por fim, uma escala de familiaridade.

Aparelhos Eletrofisiológicos

EEG e Assimetria Alfa Frontal

O índice eletrofisiológico da emoção foi medido através de EEG, com o propósito de medir a atividade neural e identificar padrões de ativação cortical dos indivíduos nas diferentes condições.

Os dados de EEG foram registados com recurso ao software BrainVision Recorder (Brain Products GmbH, versão 1.26.0101) utilizando um Quik-cap de EEG de 32 elétrodos de prata-cloreto de prata (Ag-AgCl), distribuídos de acordo com o sistema internacional 10-20, ligados a um amplificador actiCHamp Plus (Brain Products GmbH). O elétrodo terra situava-se entre FP1 e F2 e as impedâncias foram controladas para 10 kOhm, com recurso ao software BrainVision e através da inserção de gel condutor próprio para o registo de potenciais bioelétricos.

Pré-processamento e processamento dos dados EEG

Os dados de EEG foram processados e analisados offline utilizando o EEGLAB, uma *toolbox* para MATLAB (Mathworks, versão R2024a). Inicialmente, os dados brutos foram importados para o EEGLAB. A localização dos canais foi definida através de um modelo padrão. De seguida, aplicou-se uma filtragem de passa-banda entre 0.5 Hz e 30 Hz, com o objetivo de remover componentes de frequência fora da banda de interesse (Alfa), tais como movimentos oculares e ruído elétrico. Procedida a filtragem, o sinal foi subamostrado de 500 Hz para 256 Hz de modo a reduzir a dimensão de dados e facilitar o processamento.

Os canais foram re-referenciados para a média global (*average reference*) para minimizar diferenças de potencial entre os elétrodos. Canais com elevada presença de artefactos, como ruído ou atividade muscular, foram sujeitos a inspeção manual e interpolados ou removidos conforme necessário.

Posteriormente, foram identificados artefactos de origem não-neural através de uma análise de Componentes Independentes (ICA). Os componentes associados a artefactos, como atividades musculares e movimentos oculares, foram rejeitados de forma seletiva e conservadora, no intuito de maximizar a qualidade dos dados e garantir a sua autenticidade. Adicionalmente, foi realizada uma inspeção visual dos dados para garantir que os segmentos com elevada contaminação de ruído fossem devidamente rejeitados.

Os dados foram segmentados (*epoched*) em torno dos eventos de interesse, especificamente os estímulos musicais, com uma duração de 18 segundos por segmento. A re-referenciação foi aplicada aos dados após a criação das *epochs* para garantir maior qualidade relativa à atividade cerebral para a análise posterior.

A potência espectral foi calculada utilizando a Transformada de Fourier de curto termo (TFCT) de modo a estimar a densidade espectral de potência (DSP) nas frequências alfa (8-12 Hz), com foco na assimetria frontal. Foram comparadas as potências nos

elétrodos F3 e F4 para calcular a AAF, utilizada como medida das respostas emocionais aos estímulos musicais.

Procedimento

A experiência é apresentada aos participantes como um estudo para explorar os correlatos fisiológicos de emoção e percepção de prazer na música, contudo, os mesmos não são informados sobre os objetivos específicos, no intuito de evitar respostas com viés. Adicionalmente, os participantes são informados acerca do registo das suas respostas fisiológicas durante as tarefas e é fornecida uma explicação sobre informações básicas sobre EEG.

Posteriormente, solicita-se aos participantes que assinem um formulário de consentimento por escrito, preencham um questionário sobre lateralidade (EHI); e sensibilidade à recompensa na música (BMRQ).

Os participantes sentam-se numa cadeira de frente para o ecrã do computador onde será apresentada a experiência, colocam auscultadores (*earpods* JBL) e procede-se à montagem dos elétrodos, assim como todos os respetivos procedimentos necessários ao funcionamento dos aparelhos de registo eletrofisiológico.

Após serem expostos a uma tela inicial, os participantes são sujeitos a um pequeno simulacro da experiência (versão *dummy*), que possui o mesmo formato da original, porém reduzido e com estímulos musicais diferentes, para assegurar que todas as etapas são claramente percebidas e o procedimento decorre da maneira mais natural possível.

No início da experiência, dá-se início ao registo dos sinais eletrofisiológicos e é exibido um ecrã de boas-vindas, seguido de uma instrução para os participantes fecharem os olhos após ouvirem um sinal sonoro (com duração de um segundo gerado pelo software Psychopy), com o intuito de aumentar a emotividade ao ouvir os excertos que se seguem - “Após ouvir o sinal sonoro por favor feche os olhos e oiça o excerto musical que se segue. No fim do excerto, irá ouvir o mesmo sinal e pode voltar a abrir os olhos.”. Decorridos dois segundos após o sinal, ocorre a exposição aos estímulos auditivos, excertos musicais com a duração de dezoito segundos, pertencentes a uma de duas condições: música triste ou neutra, totalizando trinta excertos (vinte tristes e dez neutros), reproduzidos numa ordem randomizada, através de auscultadores a um nível de volume confortável (ajustado com o participante). No término de cada excerto, o sinal sonoro

repete-se, os participantes abrem os olhos e surge uma tela que contém duas escalas de Likert referentes a medidas de autorrelato de percepção de tristeza na música (de 0 a 10 - neutro a muito triste) - “*Achou a música triste?*” - bem como de percepção de prazer na mesma (de 0 a 10 - não gostei nada a gostei muito) - “*Gostou da música?*” - seguida de uma nova tela com uma autoavaliação de valência emocional e ativação (de 1 a 5 - através do SAM - dimensão de valência e ativação) - “*Como é que a música o fez sentir?*” - por fim, existe uma secção dedicada à familiaridade com o excerto musical (de 1 a 3 - “*Não conheço*” a “*Conheço*”) - “*Conhece o excerto?*” - seguida de uma pausa de dois segundos na qual os participantes são instruídos a permanecer em silêncio, esperar pelo próximo sinal de fechar os olhos e o próximo excerto. No término da tarefa é exibida uma tela com um agradecimento aos participantes pela sua participação na experiência “*Obrigado pela tua participação!*”.

Concluída a experiência, são retirados os aparelhos de registo fisiológico e é apresentada uma pequena sessão de *debriefing* com o objetivo específico do estudo, bem como um esclarecimento sobre qualquer questão ou dúvida dos participantes. A Figura 4 ilustra a organização do procedimento experimental de um *trial*.

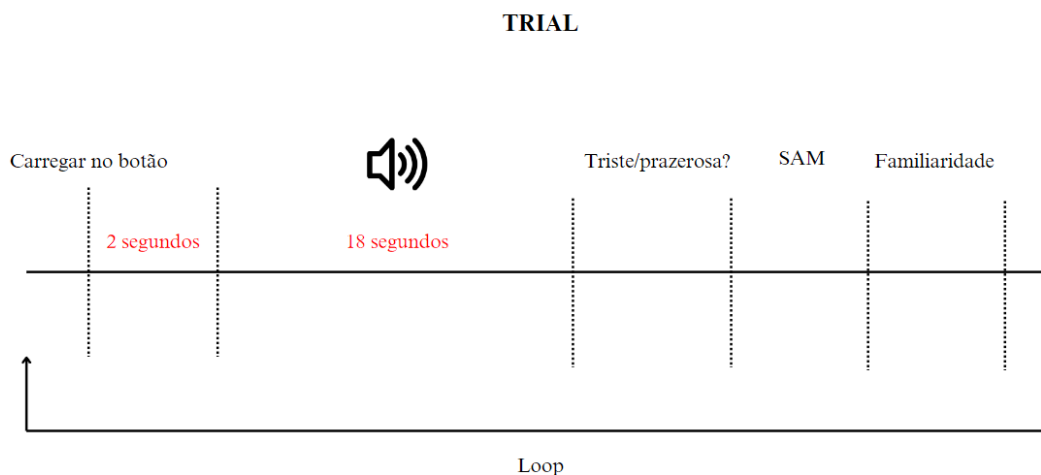


Figura 4 – Organização do procedimento experimental. SAM – Self-Assessment Manekin

Análise Estatística

As análises estatísticas foram aplicadas com recurso ao software IBM SPSS Statistics (versão 29.0.0). O foco principal consiste na investigação do impacto das variáveis de interesse na AAF e as suas relações com os componentes subjetivos de prazer

percebido, tristeza percebida, valência emocional e familiaridade com as músicas. As variáveis foram categorizadas para análise do seguinte modo:

Percepção de prazer nos excertos:

Prazer baixo: cotação de 0 a 3

Prazer médio: cotação de 4 a 6

Prazer alto: cotação de 7 a 10

Percepção de tristeza nos excertos:

Percepção neutra: cotação de 0 a 3

Percepção triste: cotação de 4 a 10

Autoavaliação de valência emocional (SAM):

Valência emocional negativa (triste): cotação de 1 a 2

Valência emocional neutra (neutro): cotação de 3

Valência emocional positiva (feliz): cotação de 4 a 5

Medida de familiaridade:

Não conhece: cotação 1

Já ouviu/tem noção: cotação 2

Conhece: cotação 3

Com base nas categorizações previamente descritas, foram realizadas várias análises estatísticas para explorar o impacto da percepção emocional e prazer, bem como da valência emocional na AAF. Primeiramente, foram conduzidos testes de pressupostos (ver Marôco, 2018) para a análise comparativa entre os níveis de prazer (baixo, médio e alto) na condição de percepção triste, de forma a identificar variações nos valores de AAF associadas ao prazer em contextos emocionalmente negativos.

Em seguida, foi realizada uma análise similar para a condição de percepção neutra, comparando os três níveis de prazer nesta condição e, posteriormente, comparando os resultados entre as condições de percepção neutra e percepção triste. Foram calculadas as médias de AAF em cada nível de prazer e comparadas as diferenças de magnitude de AAF entre as duas condições, de modo a avaliar a forma como o prazer modula a ativação hemisférica em diferentes percepções emocionais.

Por fim, foram analisadas as condições de valência negativa e valência positiva, para comparar os níveis de prazer (baixo, médio e alto) em cada valência. Também nestas condições foram calculadas as médias de AAF e analisadas as diferenças de magnitude

entre as valências, para compreender como o prazer influencia a resposta cortical em estados emocionais de diferentes valências.

De modo geral, foram utilizados testes de Kruskal-Wallis para comparar as condições e níveis de prazer, enquanto as análises de magnitude e direção da assimetria foram realizadas através do cálculo das médias de AAF em cada condição.

Resultados

Influência do prazer na AAF em músicas percebidas como tristes

Condição de percepção emocional triste

De modo a testar a Hipótese 1, que propõe que a música triste percebida como altamente prazerosa resulta numa maior magnitude de AAF comparada à música triste com baixo prazer, foram realizadas análises para comparar os grupos de prazer (baixo, médio e alto) nas músicas percebidas como tristes. Primeiramente, foram verificados os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias para os diferentes grupos de prazer. Posteriormente, foram aplicados os testes estatísticos apropriados, como o Kruskal-Wallis, para avaliar as diferenças entre os grupos de prazer.

Para testar a normalidade dos dados de AAF, foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk nas músicas percebidas como tristes nos três grupos de prazer. Os resultados mostraram que os dados seguem uma distribuição normal no grupo de prazer baixo (S-W = 0.990, $p = 0.995$; $n = 24$) e médio (S-W = 0.989, $p = 0.531$; $n = 104$). Contudo, no grupo de prazer alto, o teste indicou uma ligeira violação da normalidade (S-W = 0.978, $p = 0.021$; $n = 143$), que sugere uma possível violação deste pressuposto nessa condição.

Adicionalmente, o teste de Levene para homogeneidade de variâncias mostrou uma violação significativa deste pressuposto ($F(2, 268) = 3.518$; $p = 0.031$), o que justifica

a escolha de um teste não-paramétrico. Optou-se pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis em vez da ANOVA, uma vez que o teste não exige estes pressupostos.

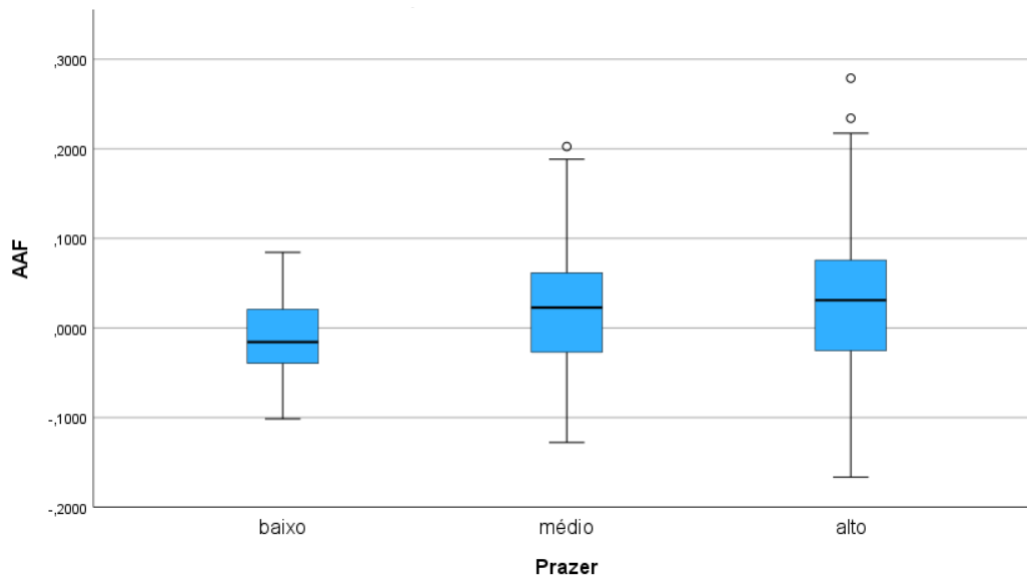


Figura 5 – Comparação das assimetrias alfa frontais entre grupos de prazer na condição de percepção triste

O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para comparar os três grupos de prazer em relação à AAF. Os resultados revelaram a existência de diferenças significativas de AAF entre os grupos de prazer ($H = 8.960$; $df = 2$; $p = 0.011$). De modo a identificar entre que grupos tais diferenças ocorriam, foram realizados testes pós-hoc de Mann-Whitney entre pares de grupos (baixo vs. médio, baixo vs. alto, médio vs. alto). Adicionalmente, devido à multiplicidade de comparações, aplicou-se a correção de Bonferroni para evitar erros de tipo I.

A comparação entre os grupos de prazer baixo e médio apresentou uma diferença significativa sem correção ($U = 907.000$; $p = 0.037$). Contudo, após correção ($\alpha = 0.05/3 = 0.0167$), a diferença deixou de ser significativa. A comparação entre os grupos de prazer médio e alto não foi significativa, mesmo sem correção ($U = 6681.500$; $p = 0.174$). Por último, entre os grupos de prazer baixo e alto, os resultados revelaram uma diferença significativa ($U = 1079.000$; $p = 0.004$), o que indica que o nível de AAF foi maior no grupo de prazer alto do que no grupo de prazer baixo, mesmo após a correção de Bonferroni.

Condição de percepção emocional neutra

A Hipótese 2 sugere que a música neutra percebida como prazerosa resulta numa menor magnitude de AAF em comparação com a música triste e prazerosa. Para testar esta hipótese, foram comparadas as condições de percepção neutra e triste, verificando os níveis de prazer em cada uma delas. A magnitude da assimetria também foi avaliada para observar a variação nas diferentes condições emocionais.

Embora o estudo inclua músicas previamente classificadas como neutras, neste contexto foram utilizadas para esta análise as músicas percebidas como neutras. O objetivo foi garantir que os resultados da AAF reflitam a percepção de tristeza, e não apenas a escuta de música em geral. Desta forma, ao comparar as respostas de AAF nas músicas percebidas como tristes com aquelas percebidas como neutras, é possível isolar os efeitos específicos da tristeza e inferir se as mudanças observadas são genuinamente decorrentes da resposta emocional e não de fatores musicais mais amplos.

Foi utilizado o teste de normalidade Shapiro-Wilk. Os resultados indicaram que os grupos de prazer médio e alto violaram o pressuposto (médio: S-W = 0.969, $p = 0.002$, $n = 147$; alto: S-W = 0.978, $p = 0.012$; $n = 158$). Contudo, os dados referentes ao grupo de prazer baixo não apresentaram violações de normalidade (baixo: S-W = 0.960, $p = 0.429$; $n = 24$).

O teste de Levene para homogeneidade de variâncias não apresentou uma violação significativa do pressuposto ($F(2, 326) = 2.523$, $p = 0.082$).

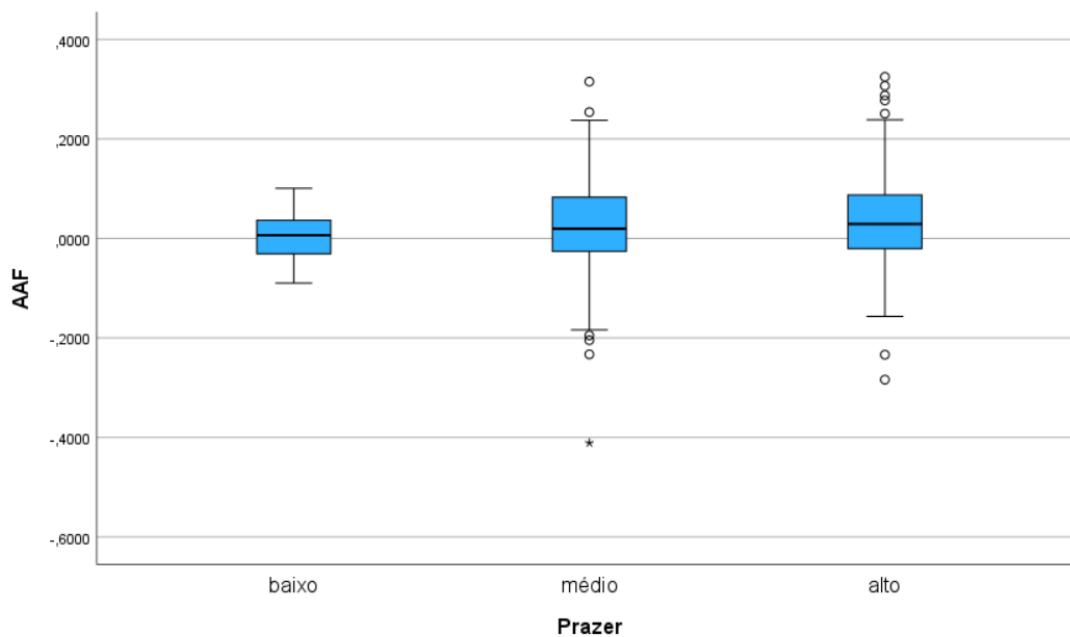


Figura 6 - Comparação das assimetrias alfa frontais entre grupos de prazer na condição de percepção neutra

O teste de Kruskal-Wallis foi realizado para comparar os três grupos de prazer em relação à AAF para as músicas percebidas como neutras. Os resultados indicaram que não houve diferenças estatisticamente significativas ($H(2) = 3.186$, $p = 0.203$), pelo que não se procedeu a análise de testes pós-hoc adicionais.

Análise da Magnitude da Assimetria

Foram calculadas as médias da AAF para a análise de magnitude da assimetria. Existem padrões consistentes nos valores em ambas as condições. Dentro da percepção triste, observa-se que a magnitude da AAF tem uma relação direta com o prazer, com o grupo de prazer alto revelando a maior assimetria ($M = 0.0346$), seguido pelo grupo de prazer médio ($M = 0.0185$), e por fim, o grupo de prazer baixo, cuja magnitude da AAF é a menor e mais próxima de zero ($M = -0.0105$).

Na condição de percepção neutra, observa-se um padrão semelhante. A magnitude da AAF aumenta com o nível de prazer, com o grupo de prazer alto exibindo a maior assimetria ($M = 0.0360$), seguido pelo grupo de prazer médio ($M = 0.0231$), e o grupo de prazer baixo, cuja magnitude é menor ($M = 0.0051$). O padrão sugere que, independentemente da percepção emocional (triste ou neutra), o aumento do prazer está associado a uma maior magnitude de assimetria.

Ao comparar as condições de percepção triste e percepção neutra, observa-se que, para o nível de prazer baixo, a assimetria é menor em ambas as condições, sendo ligeiramente menor e mais positiva na percepção neutra ($M = -0.0105$ vs. $M = 0.0051$). Para os níveis de prazer médio e alto, as magnitudes de AAF aumentam de forma semelhante em ambas as condições, mas a assimetria é ligeiramente maior na percepção neutra no nível de prazer alto ($M = 0.0360$ vs. $M = 0.0346$). Os resultados indicam que, em ambas as percepções, o prazer está diretamente relacionado à magnitude da assimetria, com predomínio da magnitude de assimetria na condição neutra em condições de prazer mais elevado.

Influência do prazer na AAF em função da valência emocional dos participantes

Para investigar a Hipótese 3, que prevê que a magnitude da AAF varia significativamente com os diferentes níveis de prazer em cada valência emocional (positiva e negativa), foram realizadas análises comparativas entre as duas valências.

Adicionalmente, a magnitude da assimetria foi analisada para entender de que modo a especialização hemisférica se altera conforme o prazer aumenta nas diferentes valências emocionais

Foram realizados testes de pressupostos antes de proceder à análise das diferenças entre os grupos de prazer (baixo, médio e alto) para AAF nos estados de valência negativa (SAM = 1 e 2). Em primeiro lugar foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Os resultados do teste indicaram que os dados seguem uma distribuição normal nos grupos de prazer baixo (S-W = 0.944, $p = 0.594$; $n = 10$) e alto (S-W = 0.977, $p = 0.144$; $n = 81$). No entanto, o grupo de prazer médio violou significativamente o pressuposto (S-W = 0.858, $p < 0.001$; $n = 56$), o que sugere uma violação da normalidade nessa condição.

O teste de Levene não apresentou violações significativas para nenhuma das condições de prazer ($F(2, 144) = 1.691$; $p = 0.188$).

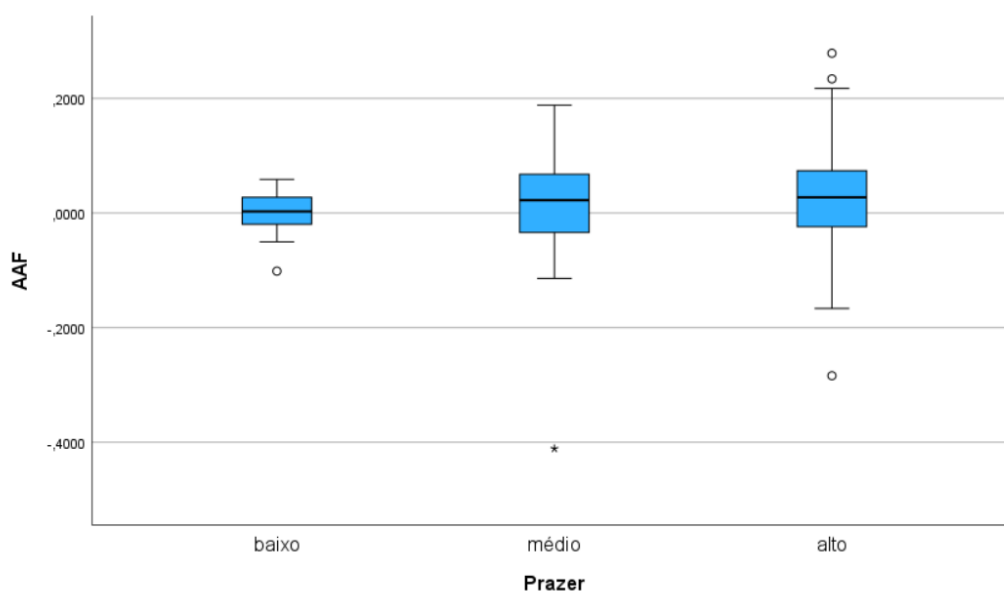


Figura 7 - Comparação das assimetrias alfa frontais entre grupos de prazer na condição de valência negativa

Deste modo, o teste de Kruskal-Wallis foi realizado para comparar os grupos de prazer em relação à AAF na condição de valência negativa (triste). Os resultados indicaram que não houve diferenças significativas de AAF entre os grupos de prazer ($H(2) = 1.970$; $p = 0.373$).

Os postos médios indicaram valores ligeiramente diferentes entre os grupos: prazer baixo ($M = 60.20$), prazer médio ($M = 70.99$) e prazer alto ($M = 77.78$). Contudo, a variação não foi suficiente para demonstrar uma diferença estatisticamente significativa

entre as condições de prazer, pelo que não se procedeu à análise de testes pós-hoc adicionais.

Valência positiva

Dada a ausência de casos categorizados com prazer baixo nesta condição, foram realizados testes de normalidade e homogeneidade de variâncias antes de proceder à comparação entre os grupos de prazer médio e alto em relação à AAF nas músicas associadas a valência positiva (SAM = 4 e 5).

Foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Os resultados indicaram que o grupo de prazer médio não violou o pressuposto de normalidade (S-W = 0.949, $p = 0.356$; $n = 20$), enquanto o grupo de prazer alto apresentou uma violação significativa do pressuposto (S-W = 0.972, $p = 0.009$; $n = 131$).

Adicionalmente, o teste de Levene não indicou violação significativa do pressuposto de homogeneidade de variâncias ($F(1, 149) = 0.013$, $p = 0.908$).

Dado que o pressuposto de normalidade foi violado no grupo de prazer alto, optou-se alternativamente pelo uso do teste não-paramétrico de Mann-Whitney.

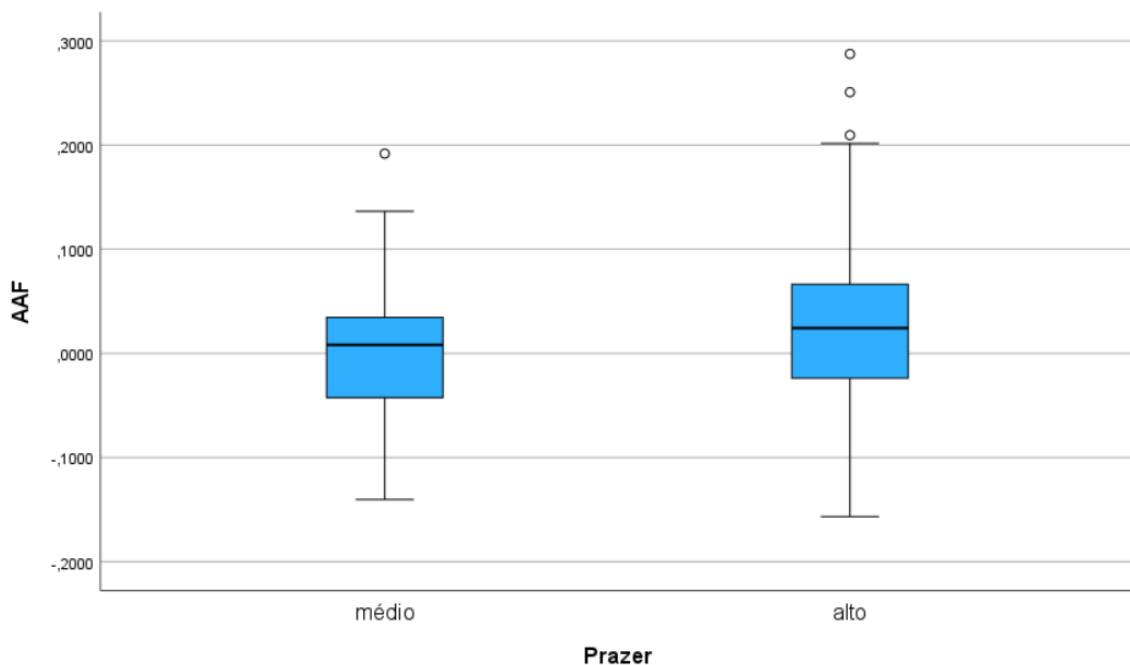


Figura 8 - Comparação das assimetrias alfa frontais entre grupos de prazer na condição de valência positiva

Os resultados do teste de Mann-Whitney indicaram que não houve uma diferença estatisticamente significativa de AAF entre os grupos de prazer médio e prazer alto ($U =$

1069.000, $Z = -1.323$, $p = 0.186$), pelo que não se procedeu à análise de testes pós-hoc adicionais.

Análise de magnitude de assimetria

Dentro da valência negativa, observa-se que a magnitude da AAF está diretamente relacionada com o prazer, com o grupo de prazer alto apresentando a maior assimetria ($M = 0.0316$), seguido pelo grupo de prazer médio ($M = 0.0098$) e, por fim, o grupo de prazer baixo, cuja magnitude da AAF é a menor e mais próxima de zero ($M = -0.0024$).

Na valência positiva, a tendência é semelhante, embora sem casos no grupo de prazer baixo. O grupo de prazer alto apresenta a maior magnitude de AAF ($M = 0.0287$), enquanto o grupo de prazer médio exibe uma magnitude mais baixa ($M = 0.0025$), o que sugere que níveis mais elevados de prazer também estão associados a uma assimetria mais pronunciada.

Ao comparar as condições de valência positiva e negativa, observa-se que, para o nível de prazer médio, a valência negativa apresenta uma magnitude de AAF superior à positiva ($M = 0.0098$ vs. $M = 0.0025$). No nível de prazer alto, a diferença entre as condições de valência é menor, mas a magnitude de assimetria permanece ligeiramente maior na valência negativa ($M = 0.0316$ vs. $M = 0.0287$).

Impacto da Familiaridade na AAF

No intuito de investigar a possível influência da familiaridade com as músicas na AAF, foram realizados testes de pressupostos iniciais. Os testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk) indicaram que os dados de AAF não seguem uma distribuição normal em nenhum dos três níveis de familiaridade ($p < 0.05$), justificando o uso de testes não-paramétricos.

Foi realizado um teste de Kruskal-Wallis para comparar os níveis de AAF entre os três grupos de familiaridade (1, 2 e 3). Os resultados indicaram que não houve diferenças significativas entre os grupos ($H(2) = 4.277$, $p = 0.118$), o que revela que a familiaridade com as músicas não influenciou a AAF.

Estes resultados confirmam que a escolha das músicas, em particular das músicas clássicas instrumentais foi eficaz para minimizar o impacto da familiaridade, o que permitiu uma ênfase maior nas respostas biológicas e perceptivas dos participantes.

Discussão

A Influência do Prazer na AAF em Músicas Tristes

A Hipótese 1 previa que a música triste percebida como altamente prazerosa resultaria numa maior magnitude de AAF em comparação com a música triste associada a menor prazer. Era de esperar que a assimetria aumentasse à medida que a percepção de prazer fosse maior, refletindo uma maior especialização hemisférica associada ao prazer, mesmo no contexto de um estímulo emocionalmente triste.

Os resultados confirmam, de modo geral, esta hipótese. Verificou-se que, no grupo de prazer baixo, a AAF apresentou um valor ligeiramente negativo ($M = -0.0105$), o que indica uma ativação relativa maior do hemisfério direito. O resultado sugere que, quando o prazer é reduzido, o estímulo musical triste provoca uma resposta cerebral mais alinhada com a valência emocional negativa tradicionalmente associada à tristeza, caracterizada por uma ativação do hemisfério direito mais acentuada (Davidson, 1992). Porém, à medida que o prazer aumenta, observa-se um desvio na direção da assimetria, com a AAF a apresentar valores positivos no grupo de prazer médio ($M = 0.0185$) e ainda mais positivos no grupo de prazer alto ($M = 0.0346$). Tal mudança progressiva aponta para uma maior ativação do hemisfério esquerdo em relação ao direito à medida que a percepção de prazer aumenta, o que está de acordo com a literatura que associa a ativação hemisférica esquerda a estados emocionais positivos e ao processamento de recompensas (Davidson & Irwin, 1999).

Koelsch (2014) defende que o prazer musical, independentemente da valência do conteúdo emocional, tende a envolver o hemisfério esquerdo, responsável pelo processamento de experiências de recompensa. Deste modo, os resultados sugerem que, ao ouvirem música triste, os participantes experienciam uma resposta inicial mais associada à tristeza, mas que, conforme o prazer aumentava, a resposta cerebral era redirecionada para um padrão típico de ativação do sistema de recompensa.

É ainda de salientar que a literatura tradicionalmente sugere que a tristeza, por si só, está associada a uma maior ativação do hemisfério direito (Balconi & Pozzoli, 2003), o que se refletiu no nosso grupo de prazer baixo. Contudo, o facto da assimetria ter mudado de direção com o aumento do prazer sugere que o componente hedónico da

experiência musical triste, foi suficientemente forte para modificar a resposta emocional perceptiva inicial. Assim, o prazer parece ter-se sobreposto à tristeza, redirecionando a ativação para o hemisfério esquerdo, numa resposta mais típica de emoções positivas.

Para concluir, os resultados da Hipótese 1 confirmam que a música triste, quando percebida como altamente prazerosa, resulta numa positividade de AAF, sugerindo uma ativação dominante do hemisfério esquerdo em comparação com o direito, tipicamente associada ao prazer e à recompensa emocional. Estes resultados contribuem para a compreensão do paradoxo do prazer em emoções tristes, ao sugerir que o prazer pode, efetivamente, modificar a resposta cerebral associada à percepção da tristeza, promovendo uma ativação mais compatível com o sistema de recompensa.

Comparação entre Percepção Neutra e Triste: Diferenças na Magnitude da AAF

A Hipótese 2 propunha que a magnitude de AAF em diferentes níveis de prazer na música neutra exibiria diferenças em comparação com a música percebida como triste. A premissa era que, na música triste, haveria uma sobreposição de estímulos emocionais opostos — a tristeza associada ao conteúdo musical e o prazer associado à experiência — o que poderia revelar um conflito hemisférico (Davidson, 1992; Koelsch, 2014). Já na música neutra, esperava-se uma resposta emocionalmente menos complexa, com uma magnitude de AAF menor, sugerindo uma menor especialização hemisférica devido à neutralidade da percepção emocional (Posner et al., 2005).

Contudo, a definição de música neutra apresenta desafios significativos, uma vez que a neutralidade emocional na música é um conceito difícil de delimitar com precisão e pode muitas vezes simplesmente cair na ambiguidade (Russell, 1980). No presente estudo, apesar de terem sido utilizadas músicas validadas como neutras com base na literatura, não é possível garantir que a sua percepção pelos participantes tenha sido efetivamente neutra. Esta questão é particularmente relevante devido à forma como a experiência foi desenhada: a escala de Likert utilizada apenas avaliava a percepção de tristeza de 0 a 10, onde os valores entre 0 e 3 foram considerados "neutros". Por sua vez, esta classificação foi baseada na ausência de tristeza e não necessariamente na presença de neutralidade emocional. Não houve uma opção explícita que permitisse aos participantes indicar se a música era percebida como feliz ou emocionalmente neutra de forma inequívoca. Assim, ainda que a música tenha sido selecionada como neutra, a sua

percepção individual pode ter variado significativamente, e a categorização de "neutro" reflete mais a ausência de tristeza do que uma verdadeira neutralidade emocional.

Esta ambiguidade no conceito de neutralidade implica que as respostas dos participantes à música neutra podem ter sido influenciadas por outros fatores emocionais, como traços pessoais ou contexto situacional (Eerola et al., 2018). A classificação das músicas como neutras foi feita com base na percepção dos participantes e não exclusivamente na categorização de neutralidade sugerida pela literatura. A escolha de músicas previamente validadas como neutras e tristes foi empregue para aumentar a probabilidade de serem percebidas como pertencentes a essas categorias emocionais, contudo seria impossível garantir que essa percepção fosse uniforme para todos os indivíduos.

Os resultados da análise revelam diferenças notáveis entre as respostas de percepção neutra e triste. No grupo de prazer baixo, a música neutra foi associada a uma AAF ligeiramente positiva ($M = 0.0051$), o que sugere uma ativação hemisférica mais equilibrada, enquanto a música triste revelou uma AAF negativa ($M = -0.0105$), o que indica uma ativação do hemisfério direito mais elevada. Esta diferença pode ser a reflexão de uma carga emocional maior associada à percepção de tristeza em comparação com a neutralidade, o que provoca uma especialização hemisférica mais acentuada na condição de tristeza (Lindquist et al., 2012). Porém, como a neutralidade emocional é ambígua, é possível que a música neutra tenha sido experienciada de formas diversas pelos participantes, o que também pode explicar as diferenças na magnitude.

No grupo de prazer alto, contudo, a música neutra apresentou uma magnitude de AAF superior ($M = 0.0360$) à música triste ($M = 0.0346$), o que pode sugerir que, em níveis elevados de prazer, existe uma reavaliação cognitiva envolvida (Pessoa, 2008; Barrett, 2006). A combinação de uma emoção negativa (tristeza) com uma resposta emocional positiva (prazer) pode ter desencadeado um processo de avaliação mais elaborado e consciente do estímulo emocional. Este tipo de conflito emocional, em que o cérebro processa simultaneamente a tristeza e o prazer, pode explicar porque é que a AAF na música triste prazerosa reflete uma especialização hemisférica mais complexa do que na música neutra (Koelsch, 2014; Brattico et al., 2016). Este fenómeno de sobreposição emocional pode levar a um conflito hemisférico, com o hemisfério direito a processar a tristeza e a reavaliação cognitiva, enquanto o hemisfério esquerdo lida com o prazer, o

que culmina numa ativação global mais acentuada e consequentemente atenua os valores da AAF nesta condição (Davidson & Irwin, 1999).

Em suma, a Hipótese 2 foi confirmada. Em níveis elevados de prazer a diferença de AAF entre a música neutra e triste foi observada, o que sugere uma competição hemisférica na música percecionada como triste.

Diferenças na AAF entre Valências Emocionais Positivas e Negativas em Diferentes Níveis de Prazer

A Hipótese 3, assumindo um carácter mais semi-exploratório, focava-se principalmente na valência emocional negativa, com o objetivo central de verificar se, mesmo num estado emocional negativo, a AAF continuaria positiva e se a magnitude da assimetria seria inferior nas valências negativas em comparação com as valências positivas. Como supramencionado, a literatura sugere que o hemisfério esquerdo está associado ao processamento de emoções positivas e experiências de prazer, enquanto o hemisfério direito está mais envolvido em respostas a estímulos negativos, como a tristeza (Davidson, 1992; Balconi & Pozzoli, 2003, Altenmüller et al., 2002). A hipótese também explorava se o prazer, mesmo num contexto de valência negativa, poderia alterar este padrão de ativação (Davidson & Irwin, 1999).

Os resultados revelam que, na valência negativa, foi observado um padrão de AAF positiva nos níveis de prazer médio ($M = 0.0098$) e prazer alto ($M = 0.0316$), o que sugere que, mesmo em condições emocionais negativas, o prazer foi capaz de redirecionar a ativação cerebral para o hemisfério esquerdo, associado à recompensa emocional (Davidson & Irwin, 1999; Koelsch, 2014). De modo complementar, no grupo de prazer baixo, a AAF foi negativa ($M = -0.0024$), o que aponta para uma ativação do hemisfério direito mais acentuada, alinhada com uma resposta emocional típica da tristeza (Balconi & Pozzoli, 2003; Davidson, 1992, Altenmüller et al., 2002).

Por outro lado, nas condições de valência positiva, a AAF foi consistentemente positiva, com valores de AAF de 0.0025 no prazer médio e 0.0287 no prazer alto, o que está de acordo com a literatura, dado que o prazer em contextos de estados emocionais positivos resulta numa maior ativação do hemisfério esquerdo (Davidson & Irwin, 1999; Koelsch, 2014). É de notar o facto de não existirem casos de prazer baixo na valência positiva, o que sugere que é difícil experienciar estados emocionais positivos sem uma

experiência de prazer correspondente (Juslin et al., 2014). Os resultados refletem o forte vínculo entre prazer e valências emocionais positivas, e limitam a capacidade de comparar diretamente as magnitudes de AAF entre estados de prazer baixo nas diferentes valências.

Um aspeto central desta análise era observar se a magnitude da assimetria seria menor nas valências negativas em comparação com as positivas. No entanto, os resultados mostraram uma magnitude de AAF ligeiramente maior na valência negativa ($M = 0.0316$ no prazer alto) do que na valência positiva ($M = 0.0287$ no prazer alto), o que contraria parcialmente a hipótese. Isto pode sugerir que, embora o prazer seja capaz de influenciar a ativação hemisférica nas valências negativas, a intensidade da especialização hemisférica pode ser comparável à das valências positivas, desafiando a expectativa de uma menor magnitude em estados negativos, no caso de músicas tristes e neutras (Lindquist et al., 2012). Ainda assim, nas valências positivas, a ativação apresentou valores consistentemente positivos e com diferenças menos marcadas, enquanto nas valências negativas o conflito emocional entre prazer e tristeza pode ter causado respostas mais ambíguas ou contraditórias (Eerola et al., 2018).

Para concluir conclusão, a Hipótese 3 foi parcialmente confirmada. O prazer, mesmo em condições de valência negativa, foi capaz de redirecionar a ativação cerebral para o hemisfério esquerdo, resultando numa AAF positiva. Porém, a AAF nas valências positivas foi inferior ao esperado, independentemente do nível de prazer. A obtenção de valores positivos de AAF exclusivamente nas músicas associadas a valência positiva aponta para limitações metodológicas que podem ter influenciado a capacidade de induzir alegria/felicidade com intensidade suficiente ou de forma eficaz. Contudo, um aspeto que também pode ser considerado é a possibilidade do prazer experienciado nas músicas associadas a valência negativa ter sido mais intenso do que aquele evocado pelas músicas associadas à valência positiva, o que reflete a complexidade emocional suscitada pela música triste. Este prazer paradoxal associado à tristeza pode ter promovido uma ativação cerebral mais acentuada e, conseqüentemente, uma AAF mais elevada do que a observada em respostas positivas convencionais.

Discussão Integrada e Conclusão Geral

O presente estudo investigou o processamento de emoções complexas, utilizando o paradoxo do prazer em emoções tristes como uma ferramenta para estudar a modulação da AAF em resposta a diferentes valências emocionais e níveis de prazer. As três hipóteses abordaram como a percepção de emoções negativas, como a tristeza, interage

com o prazer, resultando em padrões distintos de ativação hemisférica, e se/como este processo pode variar em função da valência emocional.

Na Hipótese 1, a análise centrou-se na relação entre a percepção de tristeza e o prazer. Os resultados mostraram que, em músicas percebidas como tristes e de prazer baixo, a AAF foi negativa, com uma ativação cortical relativamente predominante do hemisfério direito, associada à tristeza. Isto destaca que a simples percepção de tristeza foi suficiente para evocar uma resposta cerebral tipicamente negativa (Davidson, 1992). Contudo, com o aumento do prazer, a AAF tornou-se positiva, sugerindo que o prazer induziu uma reavaliação cognitiva do estímulo, alterando a resposta emocional inicial de tristeza para uma de recompensa. As comparações estatísticas revelaram diferenças significativas entre os grupos de prazer baixo e alto, sugerindo que o prazer foi um fator determinante na modulação da resposta cerebral à música triste. Este resultado tem implicações importantes, visto que demonstra que a percepção de prazer em contextos de tristeza pode reconfigurar a resposta emocional e causar uma atividade superior do hemisfério esquerdo em comparação ao hemisfério direito, mesmo em situações de valência negativa. O prazer, portanto, parece desempenhar um papel crucial na regulação emocional e na modulação da especialização hemisférica.

Na Hipótese 2, que comparou a percepção neutra com a percepção triste, verificou-se que a magnitude da AAF foi menor na condição de tristeza, especialmente em níveis mais altos de prazer. Isto sugere que o processamento de emoções negativas requer um esforço cognitivo adicional, que atenua a especialização hemisférica. O conflito emocional entre a valência negativa e o prazer pode ter resultado num estado de ambivalência, o que evidenciou uma menor magnitude de AAF na condição de tristeza. A literatura sobre regulação emocional corrobora esta ideia, ao indicar que o processamento de emoções contraditórias, como o prazer e a tristeza, pode reduzir a especialização hemisférica (Ochsner et al., 2012).

Por fim, na Hipótese 3, a análise comparou a AAF entre respostas de valência positiva e negativa em diferentes níveis de prazer. Contrariamente ao esperado, os resultados indicaram que a condição de valência positiva apresentou valores de AAF menores, independentemente de os participantes terem reportado prazer médio ou alto. Este padrão divergiu da literatura, que normalmente associa a valência positiva e níveis de prazer elevado a uma maior ativação do hemisfério esquerdo (Davidson & Irwin, 1999; Harmon-Jones et al., 2010).

Há duas linhas lógicas de raciocínio para interpretar estes resultados. A primeira explicação para esta discrepância pode residir nas limitações metodológicas: o curto tempo dos excertos (18 segundos) pode ter sido insuficiente para evocar experiências emocionais intensas, o que dificulta a evocação de uma resposta positiva robusta. Ademais, a falta de familiaridade com as peças musicais e o facto de serem estritamente instrumentais podem ter reduzido a intensidade das emoções positivas induzidas.

Alternativamente, os resultados também podem sugerir que o prazer experienciado nas músicas associadas a valência negativa tenha sido de maior intensidade do comparado ao sentido nas músicas associadas a valência positiva. Esta intensidade, paradoxalmente associada à tristeza, pode ter promovido uma resposta mais acentuada na AAF, refletindo a complexidade emocional que a música triste evoca. Deste modo, a experiência emocional intensa nas músicas tristes pode ter superado a resposta tradicional associada à valência positiva, o que se refletiu numa AAF mais pronunciada.

Em suma, os resultados deste estudo fornecem uma visão mais detalhada sobre como o cérebro processa emoções complexas em resposta a estímulos musicais, particularmente quando envolve a coexistência de valências contraditórias, como o prazer e a tristeza. O estudo revela que, em condições de percepção emocional negativa, o prazer tem a capacidade de alterar a resposta cerebral típica, com a reavaliação cognitiva a desempenhar um papel fundamental na modulação da AAF. A menor magnitude da AAF nas condições de tristeza sugere que o conflito emocional entre a valência negativa e o prazer pode levar a uma ativação menos pronunciada, refletindo a ambivalência emocional sentida pelos participantes.

Este estudo também contribui para a literatura sobre a regulação emocional ao demonstrar que o prazer em contextos de tristeza pode reorientar a ativação cerebral para o hemisfério esquerdo, associado à recompensa emocional. No entanto, em condições de valência positiva, a resposta foi mais fraca do que o esperado, o que destaca a necessidade de explorar mais profundamente as interações entre prazer, valência emocional e dinâmicas temporais, uma vez que estas variáveis podem causar um impacto significativo na capacidade de induzir estados emocionais positivos.

Limitações, Implicações Práticas e Direções Futuras

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas ao interpretar os resultados. Primeiramente, a amostra foi composta principalmente por

jovens adultos (18 a 27 anos), um grupo etário que pode não refletir a diversidade de respostas emocionais utilizando música clássica em específico. Embora esta faixa etária seja frequentemente associada a uma maior sensibilidade emocional (Leblanc et al., 1999), o estilo de música utilizado pode não ter evocado emoções suficientemente fortes em todos os participantes, o que limita a generalização dos resultados. Adicionalmente, a curta duração dos excertos musicais (18 segundos), tal como usado em Brattico et al. (2016), pode ter limitado a indução emocional, focando-se mais na percepção emocional imediata, o que justifica os valores observados na valência emocional positiva, bem como a ausência de valores negativos na valência emocional negativa. Os participantes foram informados desta possibilidade, que era normal a “ausência de emoção” sentida durante os excertos, porém, caso sentissem, para a classificarem. O intuito foi aumentar a fiabilidade dos resultados e garantir a autenticidade dos estados emocionais relatados.

Por fim, apesar das músicas utilizadas no presente estudo terem sido previamente classificadas como neutras e tristes pela literatura, estas classificações refletem uma média geral e, de facto, podem variar significativamente de pessoa para pessoa, dependendo de fatores individuais e contextuais (Juslin & Västfjäll, 2008). Adicionalmente, as músicas e execuções foram selecionadas por músicos a partir de uma lista retirada da literatura, com o objetivo de maximizar a qualidade da execução e a representatividade dos estímulos. Por último, os excertos foram retirados de forma subjetiva, ainda que realizada com o máximo de cautela. É importante destacar que, mesmo com todo o cuidado, há sempre uma componente subjetiva imposta ao estudo. Dado o carácter complexo das emoções, é praticamente impossível, como acontece na maior parte dos estudos emocionais, garantir absolutamente que as emoções percebidas foram as esperadas ou uniformes entre os participantes.

Implicações e Direções Futuras

Estes resultados podem representar implicações importantes para a musicoterapia e outras intervenções terapêuticas baseadas na música. A música neutra, através da sua percepção emocional mais ambígua e equilibrada, pode ser utilizada para promover estados emocionais estáveis e menos polarizados. Adicionalmente, a música triste, quando percebida como prazerosa, constitui uma ferramenta poderosa para explorar e regular emoções complexas, que envolve tanto a tristeza como o prazer. Esta combinação pode favorecer uma experiência emocional mais rica e proporcionar uma

ativação cerebral que estimula o sistema de recompensa, auxiliando os indivíduos a lidar com estados emocionais negativos de forma mais equilibrada e recompensadora.

Investigações futuras devem considerar o uso de excertos musicais com diferentes durações para investigar como a indução emocional e a percepção emocional interagem ao longo do tempo, de modo a permitir uma análise mais precisa e dinâmica do processamento temporal de emoções complexas. Dado que o estudo já utiliza EEG, que oferece elevada resolução temporal, o foco pode agora ser expandido para incluir áreas pré-frontais e temporais, o que permitirá uma visão mais abrangente da dinâmica cortical associada ao processamento perceptivo, emocional e auditivo. Esta expansão no foco possibilitará uma análise mais detalhada da interação entre as várias zonas corticais e a uma relação com a modulação das áreas subcorticais envolvidas na resposta emocional. Ademais, explorar a familiaridade com a música e a utilização de diversos estilos musicais pode fornecer informações valiosas sobre como estes fatores afetam os marcadores corticais e o processamento emocional.

A ativação emocional não foi incluída neste estudo, uma vez que não se enquadrava no âmbito da investigação em causa. Não obstante, em estudos futuros, a inclusão de medidas de ativação emocional, juntamente com dados de EEG, poderá fornecer uma perspetiva adicional sobre a intensidade das emoções e as respostas fisiológicas associadas. Este tipo de abordagem possibilita a adição de uma camada de compreensão importante sobre o modo como o corpo reage a diferentes emoções e como estes processos fisiológicos estão interligados com o processamento emocional cortical, permitindo uma análise mais completa do impacto emocional.

Em última análise, este estudo sublinha a importância de continuar a investigar as complexas interações cerebrais que moldam as nossas experiências emocionais e cognitivas. A exploração do modo como o cérebro processa emoções contraditórias e integra estados de prazer e tristeza revela a dinâmica minuciosa dos sistemas neurais envolvidos na regulação emocional. Compreender estas interações complexas é fundamental para desvendar os mecanismos que regem a cognição emocional e os processos que nos tornam capazes de lidar com emoções complexas, adaptando-nos continuamente a diferentes contextos e situações. Ao avançarmos nesta área, estaremos cada vez mais próximos de desvendar os mistérios da mente humana e a sua capacidade de processar e integrar as emoções e a cognição de uma forma fluida e adaptativa.

Referências

- Aalbers, S., Fusar-Poli, L., Freeman, R. E., Spreen, M., Ket, J. C., Vink, A. C., Maratos, A., Crawford, M., Chen, X.-J., & Gold, C. (2017). Music therapy for depression. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (11), CD004517.
- Altenmüller, E., Schürmann, K., Lim, V. K., & Parlitz, D. (2002). Hits to the left, flops to the right: Different emotions during listening to music are reflected in cortical lateralisation patterns. *Neuropsychologia*, 40, 2242–2256.
- Arjmand, H.-A., Hohagen, J., Paton, B., & Rickard, N. S. (2017). Emotional responses to music: Shifts in frontal brain asymmetry mark periods of musical change. *Frontiers in Psychology*, 8, 676.
- Arnold, M. B. (1960). *Emotion and personality*. Columbia University Press.
- Balconi, M., & Pozzoli, U. (2003). Face-selective processing and the effect of pleasant and unpleasant emotional expressions on ERP correlates. *International Journal of Psychophysiology*, 49(1), 67–74
- Barrett, L. F. (2006). Are emotions natural kinds? *Perspectives on Psychological Science*, 1(1), 28–58.
- Blood, A. J., & Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(20), 11818–11823.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49–59.
- Brattico, E., Bogert, B., Alluri, V., Tervaniemi, M., Eerola, T., & Jacobsen, T. (2016). It's sad but I like it: The neural dissociation between musical emotions and liking in experts and laypersons. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 676.
- Cannon, W. B. (1927). The James-Lange theory of emotions: A critical examination and an alternative theory. *The American Journal of Psychology*, 39, 106–124.
- Chabin, T., Gabriel, D., Chansophonkul, T., Michelant, L., Joucla, C., Haffen, E., Moulin, T., Comte, A., & Pazart, L. (2020). Cortical patterns of pleasurable

- musical chills revealed by high-density EEG. *Frontiers in Neuroscience*, 14, Article 676.
- Conard, N. J., Malina, M., & Münzel, S. C. (2009). New flutes document the earliest musical tradition in southwestern Germany. *Nature*, 460(7256), 737–740.
- Cross, I. (2003). Music, cognition, culture, and evolution. In I. Peretz & R. Zatorre (Eds.), *The cognitive neuroscience of music* (pp. 42–56). *Oxford University Press*.
- Damasio, A. (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 351(1346), 1413–1420.
- Damasio, A. (1999). *The feeling of what happens: Body and emotion in the making of consciousness*. *Harcourt College Publishers*.
- Damásio, A., & Damásio, H. (2024). Conferência 30 anos Fundação BIAL: "Sobre a fisiologia da mente".
- Darwin, C. (1872). *The expression of the emotions in man and animals*. John Murray.
- Davidson, R. J. (1992). Emotion and affective style: Hemispheric substrates. *Psychological Science*, 3(1), 39–43.
- Davidson, R. J., Ekman, P., Saron, C., Senulis, J. A., & Friesen, W. V. (1990). Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(2), 330–341.
- Davidson, R. J., & Irwin, W. (1999). The functional neuroanatomy of emotion and affective style. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(1), 11–21
- Eagleton, T. (2003). *Sweet violence: The idea of the tragic*. *Blackwell Publishing*.
- Eerola, T., & Peltola, H.-R. (2016). Memorable experiences with sad music: Reasons, reactions and mechanisms of three types of experiences. *PLoS ONE*, 11(6), Article e0157444.
- Eerola, T., Vuoskoski, J. K., Peltola, H.-R., Putkinen, V., & Schäfer, K. (2018). An integrative review of the enjoyment of sadness associated with music. *Physics of Life Reviews*, 25, 100–121.

- Ekman, P. (1999). Basic emotions. In T. Dalgleish & M. J. Power (Eds.), *Handbook of cognition and emotion* (pp. 45–60). John Wiley & Sons Ltd.
- Espirito-Santo, H., Pires, A. C., Garcia, I. Q., Daniel, F., Silva, A., & Fazio, R. (2017). Preliminary validation of the Portuguese Edinburgh Handedness Inventory in an adult sample. *Applied Neuropsychology: Adult*, 24(3), 275–287.
- Gabrielsson, A. (2001). Emotion perceived and emotion felt: Same or different? *Musicae Scientiae*, 5(1), 123-147.
- Gerra, G., Zaimovic, A., Franchini, D., Palladino, M., Giucastro, G., Reali, N., et al., (1998). Neuroendocrine responses of healthy volunteers to techno-music: Relationships with personality traits and emotional state. *International Journal of Psychophysiology*, 28(1), 99–111.
- Goldstein, T. R. (2009). The pleasure of unadulterated sadness: Experiencing sorrow in fiction, nonfiction, and "in person." *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 3(4), 232–237.
- Hamilton, C. (2016). A philosophy of tragedy. *Reaktion Books*.
- Harmon-Jones, E., Gable, P. A., & Peterson, C. K. (2010). The role of asymmetric frontal cortical activity in emotion-related phenomena: A review and update. *Biological Psychology*, 84(3), 451–462.
- Heilman, K. M. (1997). The neurobiology of emotional experience. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 9(3), 439–448.
- Huron, D. (2011). Why is sad music pleasurable? A possible role for prolactin. *Music Science*, 15(2), 146–158.
- James, W. (1948). What is emotion? 1884. In W. Dennis (Ed.), *Readings in the history of psychology* (pp. 290–303). *Appleton-Century-Crofts*.
- Janata, P., Tomic, S. T., & Rakowski, S. K. (2007). Characterization of music-evoked autobiographical memories. *Memory*, 15(8), 845–860.
- Juslin, P. N. (2013). From everyday emotions to aesthetic emotions: Towards a unified theory of musical emotions. *Physics of Life Reviews*, 10, 235–266.

- Juslin, P. N., & Laukka, P. (2004). Expression, perception and induction of musical emotions: A review and a questionnaire study of everyday listening. *Journal of New Music Research*, 33, 217–238.
- Juslin, P. N., & Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and Brain Sciences*, 31(5), 559–621.
- Juslin, P. N., Harmat, L., & Eerola, T. (2014). What makes music emotionally significant? Exploring the underlying mechanisms. *Psychology of Music*, 42(4), 599–623.
- Kallinen, K. (2005). Emotional ratings of music excerpts in the western art music repertoire and their self-organization in the Kohonen neural network. *Psychology of Music*, 33(4), 373–393.
- Koelsch, S. (2012). *Brain and music*. Wiley Blackwell.
- Koelsch, S. (2014). Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature Reviews Neuroscience*, 15, 170–180.
- Koelsch, S. (2018). Investigating the neural encoding of emotion with music. *Neuron*, 98(6), 1075–1079.
- Koelsch, S., Skouras, S., & Lohmann, G. (2018). The auditory cortex hosts network nodes influential for emotion processing: An fMRI study on music-evoked fear and joy. *PLoS ONE*, 13, e0190057.
- Landis-Shack, N., Heinz, A. J., & Bonn-Miller, M. O. (2017). Music therapy for posttraumatic stress in adults: A theoretical review. *Psychomusicology*, 27(4), 334–342.
- Launay, J. (2015). Musical sounds, motor resonance, and detectable agency. *Empirical Musicology Review*, 10(1–2), 30–40.
- Lazarus, R. S. (1966). *Psychological stress and the coping process*. McGraw-Hill.
- LeBlanc, A., Jin, Y. C., Stamou, L., & McCrary, J. (1999). Effect of age, country, and gender on music listening preferences. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 141, 72–76.

- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155–184.
- LeDoux, J. E. (1998). Fear and the brain: Where have we been, and where are we going? *Biological Psychiatry*, 44(12), 1229–1238.
- Levenson, R. W. (2011). Basic emotion questions. *Emotion Review*, 3(4), 379–386.
- Levitin, D. J. (Ed.) (2006). This is your brain on music: The science of a human obsession. Penguin.
- Lindquist, K. A., Wager, T. D., Kober, H., Bliss-Moreau, E., & Barrett, L. F. (2012). The brain basis of emotion: A meta-analytic review. *Behavioral and Brain Sciences*, 35(3), 121–143.
- Marôco, J. (2018). Análise Estatística com o SPSS Statistics (7ª ed.). ReportNumber, Lda.
- Mas-Herrero, E., Marco-Pallares, J., Lorenzo-Seva, U., Zatorre, R. J., & Rodriguez-Fornells, A. (2013). Barcelona Music Reward Questionnaire (BMRQ). *APA PsycTests*.
- Mesquita, B., Boiger, M., & De Leersnyder, J. (2016). The cultural construction of emotions. *Current Opinion in Psychology*, 8, 31–36.
- Mitterschiffthaler, M. T., Fu, C. H. Y., Dalton, J. A., Andrew, C. M., & Williams, S. C. R. (2007). A functional MRI study of happy and sad affective states induced by classical music. *Human Brain Mapping*, 28(11), 1150–1162.
- Nilsson, U. (2009). Soothing music can increase oxytocin levels during bed rest after open-heart surgery: A randomised control trial. *Journal of Clinical Nursing*, 18(15), 2153–2161.
- Nogueira, J. (2018). Validação preliminar da versão portuguesa do ‘Barcelona Music Reward Questionnaire’. Abstract from VIII ENIM, Porto, Portugal.
- Nussbaum, M. C. (2001). Upheavals of thought: The intelligence of emotions. *Cambridge University Press*.

- Ochsner, K. N., Silvers, J. A., & Buhle, J. T. (2012). Functional imaging studies of emotion regulation: A synthetic review and evolving model of the cognitive control of emotion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1251, E1–E24.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97–113.
- Overy K., Molnar-Szakacs I. (2009). Being together in time: musical experience and the mirror neuron system. *Music Percept.* 26 489–504 10.1525/mp.2009.26.5.489
- Peltola, H.-R., & Eerola, T. (2016). Fifty shades of blue: Classification of music-evoked sadness. *Musicae Scientiae*, 20(1).
- Peretz, I., Gagnon, L., & Bouchard, B. (1998). Music and emotion: Perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition*, 68, 111–141.
- Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 148–158.
- Pinker, S. (Ed.) (1994). *The language instinct*. New York, NY: William Morrow & Company.
- Pinker, S. (Ed.) (1997). *How the mind works*. New York, NY: Norton & Company
- Posner, J., Russell, J. A., & Peterson, B. S. (2005). The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and Psychopathology*, 17(3), 715–734.
- Prossin A, Koch A, Campbell P, Barichello T, Zalcman S, Zubieta J. Acute experimental changes in mood state regulate immune function in relation to central opioid neurotransmission: a model of human CNS-peripheral inflammatory interaction. *Mol Psychiatry* 2016;21(2):243–51
- Ribeiro, F. S., Santos, F. H., Albuquerque, P. B., & Oliveira-Silva, P. (2019). Emotional induction through music: Measuring cardiac and electrodermal responses of emotional states and their persistence. *Frontiers in Psychology*, 10, 439.
- Roederer, J. G. (1984). The search for a survival value of music. *Music Perception*, 1(3), 350–356.

- Rolls, E. T. (2019). The cingulate cortex and limbic systems for emotion, action, and memory. *Brain Structure and Function*, 224(9), 3001–3018.
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178.
- Sachs, M. E., Damasio, A., & Habibi, A. (2015). The pleasures of sad music: A systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, Article 404.
- Salimpoor, V. N., Zald, D. H., Zatorre, R. J., Dagher, A., & McIntosh, A. R. (2011). Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. *Nature Neuroscience*, 14(2), 257–262.
- Salimpoor, V. N., Zald, D. H., Zatorre, R. J., Dagher, A., & McIntosh, A. R. (2015). Predictions and the brain: How musical sounds become rewarding. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(2), 86–91.
- Salimpoor, V. N., Zald, D. H., Zatorre, R. J., Dagher, A., & McIntosh, A. R. (2015). Predictions and the brain: How musical sounds become rewarding. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(2), 86–91.
- Schubert, E. (1996). Enjoyment of negative emotions in music: An associative network explanation. *Psychology of Music*, 24, 18–28.
- Taruffi, L., & Koelsch, S. (2014). The paradox of music-evoked sadness: An online survey. *PLoS ONE*, 9, e110490.
- Tomarken, A. J., Davidson, R. J., Wheeler, R. E., & Doss, R. C. (1992). Individual differences in anterior brain asymmetry and fundamental dimensions of emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 62(4), 676–687.
- Torner, L. (2016). Actions of prolactin in the brain: From physiological adaptations to stress and neurogenesis to psychopathology. *Frontiers in Endocrinology (Lausanne)*, 7, 25.
- Van den Tol, A. J. M., & Edwards, J. (2013). Exploring a rationale for choosing to listen to sad music when feeling sad. *Psychology of Music*, 41(4), 440–465.

- Van den Tol, A. J. M., & Edwards, J. (2015). Listening to sad music in adverse situations: Music selection strategies, self-regulatory goals, listening effect, and mood-enhancement. *Psychology of Music*, 43(4), 473–494.
- Vuoskoski, J. K., & Eerola, T. (2017). The pleasure evoked by sad music is mediated by feelings of being moved. *Frontiers in Psychology*, 8, 439.
- Wildschut, T., Sedikides, C., Arndt, J., & Routledge, C. (2006). Nostalgia: Content, triggers, functions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 91(5), 975–993.
- Zhang, H., Zhou, Q.-Q., Chen, H., Hu, X.-Q., Li, W.-G., Bai, Y., Han, J.-X., Wang, Y., Liang, Z.-H., Chen, D., Cong, F.-Y., Yan, J.-Q., & Li, X.-L. (2023). The applied principles of EEG analysis methods in neuroscience and clinical neurology. *Military Medical Research*, 10(1), 67.