



CATÓLICA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

LISBOA · PORTO

**A INFLUÊNCIA QUE O TREINO FÍSICO E MUSICAL
TEM NA COMPONENTE MELÓDICA E RÍTMICA DA
PERCEÇÃO MUSICAL**

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção
do grau de mestre em Neuropsicologia

Por

Fabíola José Gonçalves Mano

Lisboa, 2021



CATÓLICA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

LISBOA · PORTO

**THE INFLUENCE OF PHYSICAL AND MUSICAL
TRAINING ON MELODIC AND TEMPORAL
COMPONENTS OF MUSICAL PERCEPTION**

**A INFLUÊNCIA QUE O TREINO FÍSICO E MUSICAL
TEM NA COMPONENTE MELÓDICA E TEMPORAL DA
PERCEÇÃO MUSICAL**

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção
do grau de mestre em Neuropsicologia

Por

Fabíola José Gonçalves Mano

Sob a orientação da Professora Doutora Maria Vânia Nunes

Lisboa, 2021

“Alguns homens veem as coisas como são, e dizem ‘Porquê?’ Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por que não?’.”

George Bernard Shaw

Agradecimentos

Primeiramente, exprimir o quão agradecida estou a todos os docentes que nos últimos anos contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. As ferramentas e competências que cada um de vós me passou, são evidentemente pilares que eu vou levar comigo para a vida, por me incentivarem sempre a fazer mais e melhor neste percurso tão enriquecedor.

À minha família, um obrigado não é nem nunca será suficiente para exprimir o sentimento que trago no coração. Apesar de serem a minha maior fragilidade (dizer que passou rápido soa a cliché, quando me lembro do quanto custou estar longe de vocês) o vosso apoio constante, foi fundamental. Obrigada por todos os sacrifícios que fizeram para que eu pudesse estar onde estou hoje.

Não me faria sentido concluir este capítulo da minha vida, sem fazer referência às pessoas que fizeram dele um percurso mais alegre, mais feliz. Aos meus amigos *Lisbonitos*, que me aliviaram imensuravelmente o caminho com sessões de riso que deixarão saudades.

E porque como é habitual dizermos, o melhor fica sempre guardado para o fim! Gostaria de fazer um agradecimento muito especial à minha orientadora, a Professora Doutora Maria Vânia Nunes, que além de uma professora inspiradora, foi incansável comigo desde o primeiro momento onde (bem me recordo!) as indecisões e inseguranças eram muitas. Apesar das complexidades sentidas pelo caminho num ano tão atípico como este, a combinação das nossas evidentes paixões associadas à confiança que sempre me transmitiu, culminaram na laboração final deste trabalho, com elevada estima e consideração. Espero ter sido merecedora desse rigor tão proveitoso para mim.

O meu mais sincero, obrigada.

Resumo

O processamento neural da música é altamente complexo, incorpora regularidades temporais e possui uma organização hierárquica cujas características acústicas são processadas conforme a sua crescente complexidade. As diferenças individuais na percepção musical são um grande obstáculo e o sistema motor tem estado constantemente implicado nestas competências. O presente estudo teve como principal objetivo compreender o impacto do treino musical, do treino físico e deste agregado à música, no desempenho das componentes melódicas e temporais da percepção musical, avaliadas pela *Montreal Battery of Evaluation of Amusia* (MBEA). A amostra foi constituída por 120 participantes voluntários, onde 64 participantes são do sexo feminino e 56 participantes são do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 18 e os 32 anos ($M=23.02$; $DP=3.44$) e com uma média de 14 anos de escolaridade ($DP=1.89$). Ao proceder à comparação entre grupos constituídos por músicos ($N=30$), desportistas ($N=30$), bailarinos ($N=30$) e sujeitos sem qualquer prática adicional ($N=30$) os nossos resultados mostram que efetivamente há um impacto diferencial do treino físico e musical, sobre o desempenho em todos os testes da bateria (escala, contorno, intervalo, ritmo, métrica, e memória musical) e no respetivo índice global. Apesar de existir sobreposição entre grupos e das ténues diferenças não se revelarem significativas, é possível compreendermos que os bailarinos revelam melhores desempenhos médios nas componentes temporais da percepção musical do que os restantes grupos, pelo que, não se deve excluir por completo a possibilidade de a execução métrica ser favorecida pela corporalização. Por outro lado, o grupo de músicos é detentor de melhores resultados médios nas componentes melódicas. Apuramos ainda correlações significativas sobre desempenho em relação aos anos de prática, à idade de início da mesma, ao número de horas semanais praticadas e à regularidade com que os participantes ouvem música semanalmente.

Palavras-chave: Percepção Musical, Corporalização, Tempo, Aprendizagem Musical, Treino Físico.

Abstract

The neural processing of music is highly complex, incorporates temporal regularities, and has a hierarchical organization with acoustic characteristics processed according to their complexity. The individual differences in musical perception are a significant obstacle, and the motor system is constantly involved in these competencies. The principal objective of this study is to explore the impact of musical training, physical training, and both on the performance of the melodic and temporal components of musical perception, assessed by the Montreal Amusia Assessment Battery (MBEA). There are 120 volunteer participants, where 64 participants are female, and 56 participants are male, aged between 18 and 32 years ($M = 23.02$; $SD = 3.44$) and with a standard of 14 years of education ($SD = 1.89$). By comparing score groups of musicians ($N = 30$), athletes ($N = 30$), dancers ($N = 30$), and individuals without any additional training whatsoever ($N = 30$), our results aim that there is a differential impact of the physical and musical training, on the performance in all battery tests (scale, contour, interval, rhythm, meter, and musical memory) including at the respective global index. Although the overlap scores between groups, the slight differences are not significant. However, the dancers present better average performances in the temporal components of musical perception than all the other groups. Accordingly, we should not exclude the embodiment favor of metrics. On the other hand, the group of musicians has better average results in melodic components. We also found relevant correlations on performance to years of practice, age at which it started, the number of weekly hours practiced, and the regularity with which participants listen to music weekly.

Keywords: Music Perception, Embodiment, Tempo, Musical Learning, Physical Training.

Índice

Resumo	vi
Abstract.....	vii
Enquadramento Teórico	1
O valor do envolvimento musical ao longo da vida	5
As bases neurais da perceção musical	8
A perceção musical das componentes melódicas	11
A perceção musical das componentes temporais.....	13
O papel da corporalização no processamento temporal.....	19
Metodologia.....	27
Participantes.....	28
Instrumentos.....	28
Procedimentos.....	30
Análise Estatística.....	31
Resultados.....	33
Discussão.....	40
Limitações do estudo	45
Sugestões para estudos futuros	46
Referências	47

Índice de Tabelas

Tabela 1. Variáveis sociodemográficas entre grupos	34
Tabela 2. Estatística descritiva para os subtestes da MBEA por grupos.....	35
Tabela 3. Valores de significância ANOVA e Kruskal-Wallis	37
Tabela 4. Análises correlacionais entre variáveis.....	39

Parte I

Enquadramento Teórico

A cognição musical é uma área multidisciplinar que se dedica ao estudo das atividades e processos mentais subjacentes ao processamento da música (Justus & Bharucha, 2002). Por cognição musical, entendem-se todas as atividades cognitivas que estão envolvidas na audição, percepção, composição, memória, desempenho, apreciação e aprendizagem da música (Tan et al., 2017; Tillmann, 2005). É uma componente da percepção auditiva, e tornou-se numa das áreas de investigação mais fascinantes das neurociências e ciências cognitivas, dedicando-se a compreender a natureza da interpretação e percepção da música pelo cérebro (Carey et al., 2015).

Atribuir uma definição clara à música nem sempre é uma tarefa simples, inúmeras das que estão presentes em dicionários, ou são tão básicas e simples que acabam por não refletir a complexidade do constructo, ou caem numa abrangência desmedida, que torna complicada a diferenciação entre outras formas do comportamento humano. Para Nettl (2005) a música é uma atividade humana estruturada temporalmente que envolve a produção e a percepção do som organizado em padrões, que podem adquirir significados não linguísticos. A percepção, é o que obtemos como resposta, quando experienciamos de forma subjetiva os sinais e consequentes estímulos sonoros. É importante guardarmos a noção de que há sempre uma medida física (objetiva) que vai definir algum parâmetro ou aspeto da fonte sonora, e a de que há igualmente sempre uma medida psicofísica (subjetiva) correspondente, que, no caso da audição, se trata da construção mental do que realmente ouvimos (Purves, 2018).

Uma pessoa que ouve qualquer fluxo de informação auditiva – seja uma canção ou um discurso – tem de agrupar de forma útil essa informação numa série coerente de eventos e sequências. Este agrupamento e segmentação ocorre na maioria das modalidades sensoriais, e é provável que seja uma propriedade básica do sistema nervoso dos mamíferos. Stalinski e Schellenberg (2012) referem que a estrutura da música difere em relação ao tom (e.g., escalas) e aos padrões temporais (e.g., metros, ritmos) formados através de sequências e combinações de tons.

Enquanto fenómeno, pode ser considerado universal (Morrison & Demorest, 2009) por estar presente em todas as culturas humanas e de forma histórica, sendo que os indícios da sua existência recuam cronologicamente aos períodos pré-históricos do Paleolítico e Neolítico (Blake e Cross, 2015).

Embora os humanos processem naturalmente muitos dos sinais psicofísicos presentes na informação musical, existe uma grande – e muitas vezes, específica da

cultura – diversidade de práticas musicais. Algumas culturas englobam a corporalização, a ação e o movimento como elementos facilitadores da percepção musical, incluem e amalgamam a dança na sua definição, enquanto o apelo islâmico à oração, que soa como música para os Ocidentais, geralmente não é definido como música pelas pessoas que crescem a ouvi-lo (Nettl, 2005). É um estímulo complexo e toda esta heterogeneidade presente nas diferentes sociedades acaba por problematizar a própria noção de música.

Durante as últimas décadas do século XIX, a teoria da evolução de Darwin teve uma enorme importância para os teóricos da música, tornando-se um meio pelo qual se pode explorar a mudança, a diferença e o valor musical. Darwin em 1871, teorizou a origem do comportamento musical em humanos como um traço biologicamente adaptativo, provável precursor da capacidade de linguagem, tendo as suas origens na expressão vocal da emoção e com utilidade nos processos de seleção sexual (Cross, 2007). Para Darwin, os humanos representavam todos uma única espécie e como tal, manteve-se agnóstico quanto ao facto de existir uma possível diferença cultural na – considerada, por si – capacidade inata, humana, musical.

Por volta dos anos 40, os ideais de Darwin, sobre a música como uma capacidade humana evoluída, mal estiveram presentes. No fim dos anos 80, foram reaparecendo, sob uma forma de pensar válida e prospectivamente valiosa, sobre os seus aspetos fundamentais. Escritores subsequentes ofereceram outras hipóteses adaptativas para as origens da música humana, incluindo o seu papel no vínculo mãe-bebé e no aumento da coesão social nos primeiros grupos humanos (Wallin, Merker, & Brown, 2000). As compreensões neo-darwinianas da evolução elucidaram também os mecanismos genéticos, bem como processos (para além da seleção natural e sexual), que poderiam funcionar de modo a moldar a adaptação, de um organismo em relação ao seu ambiente (Darwin, 1871; Patel et al., 2019).

Em nítido contraste, surgem outros autores que consideraram a música humana como uma invenção cultural que se baseia em circuitos cerebrais que evoluíram por outras razões. A título de exemplo, Steven Pinker (1997) que popularizou a existência de um *instinto* de linguagem, defende que não existem mecanismos neurais específicos para o processamento musical. Este autor refere-se à música como agradável, porém supérflua, no sentido em que, comparativamente com a linguagem, poderia desaparecer que não iria ter qualquer impacto do nosso estilo de vida. Chegando mesmo a fazer uma analogia com o processamento cerebral destas competências musicais, Pinker atribuí a denominação de

“*cheesecake* auditivo” pois tal como a música é agradável, mas supérflua. Fundamentando que no cérebro se mistura com o de outras capacidades mentais. Ao contrário do que o próprio estabeleceu para a linguagem, nota-se que este seu pensamento, não concebe qualquer distinção entre as diferentes componentes da cognição musical. Não diferencia o conhecimento e competência do desempenho musical porque através das suas observações quotidianas, conclui que todas as crianças compreendem a linguagem sem necessidade de uma instrução específica, e o mesmo não se traduz nas competências musicais, pela inaptidão demonstrada pelos adultos em cantar afinado. Desvaloriza então a prática da linguagem a que estamos expostos diariamente (falar e ouvir) quando concede maior ênfase ao treino que é necessário para aprendermos a tocar um instrumento. É de notar então, que as grandes variações representadas nas competências musicais, levaram Pinker (1997) a destacar hiperbolicamente estas diferenças individuais, e a suposta uniformidade na competência da linguagem, leva a que este relativize ou ignore eufemisticamente a presença de desigualdades das competências.

Esta teoria recebeu uma grande consideração na altura, pois Pinker desacreditou o valor da discussão anterior sobre a relação da música com os processos evolutivos, afirmando que a música mostra sinais claros de ser uma capacidade humana desenvolvida e explorada para o seu próprio bem observando-se variabilidades na sua complexidade de cultura para cultura e sendo na melhor das hipóteses, evolutivamente neutra, em vez de uma adaptação. Além disso, como aponta Fitch (2006), as capacidades precoces dos bebés humanos na perceção musical sugerem que a musicalidade é uma característica para a qual é pouco provável que tenha sido selecionada sexualmente, dado que tais características tendem a emergir apenas na maturidade sexual de outras espécies.

Em contraste com a posição de Pinker (1997), a maioria dos tratamentos evolutivos recentes da música têm-se concentrado nos efeitos ao nível do grupo – a música é vista como tendo, e como tendo tido, efeitos na interação inter e intragrupal, que são conhecidos como consequências evolutivas. Hagen e Bryant (2003) propõem que as apresentações musicais em grupo, permitiram demonstrar a sua coesão e estabilidade, proporcionando um meio de dissuadir outros grupos, mais fragmentados, de tentarem competir por recursos escassos. Kogan (1997) vê a música como significante na evolução humana em virtude da sua incorporação na interação social e do seu efeito na formação

da identidade do grupo, tal como Dunbar (2004), que sugere que o seu efeito principal está na consolidação dos vínculos.

Numa série de publicações Cross (2005, 2009) também subscreve esta noção, mas sugere ainda que a música, em virtude dos seus significados polivalentes, pode contribuir positivamente para a aptidão individual dentro do grupo ao facilitar interações comunicativas. Diversas perspetivas evolutivas mais recentes, sobre a música sugerem que esta pode ser frutuosa explorada em termos da teoria evolutiva contemporânea por ter um papel significativo no comportamento humano – que é funcional – e que é distinguível de outros domínios do comportamento humano (Cross, 2016). Os debates evolutivos são frequentemente enquadrados entre estas duas posições e Patel (2008) argumenta que esta dicotomia limita o nosso pensamento, pois a música deve ser interpretada como uma invenção humana e biologicamente poderosa (Patel, 2010). Podemos perceber que estas questões das teorias de origem da música continuam a motivar diversas investigações (e.g., Mehr & Krasnow, 2017) e há muito sobre as relações entre a musicalidade humana e a evolução que permanece desconhecido.

O valor do envolvimento musical ao longo da vida

A música acompanha-nos em diversos momentos. A musicalidade é uma característica humana influenciada por fatores biológicos, cognitivos e culturais, que nos permite percecioná-la, cantar e mover-nos com ela (Honing et al., 2015; Trehub et al., 2015). Como tal, não é surpreendente que seja expressa de diferentes formas ao longo da nossa vida e o envolvimento com a música (Savage et al., 2015) é comumente atribuído ao seu papel social, que pode ser considerado desde a regulação social e emocional, às relações interpessoais e à formação da identidade desde a infância até à velhice.

A exposição musical em bebés é dominada pelo canto dos cuidadores, capaz de regular a excitação infantil e promover a afiliação (Costa-Giomi, 2016; Costa-Giomi et al., 2016; Trehub & Gudmundsdottir, 2015). Estudos demonstram que em determinadas circunstâncias, o canto dirigido a bebés é tão eficaz quanto a fala, a captar a atenção do bebé (Corbeil, Trehub & Peretz, 2013) e até mais eficaz noutras (Tsang, Falk & Hessel, 2017). Como os bebés têm diminutas capacidades de autorregulação, as consequências regulatórias do afeto através da música têm demonstrado uma considerável relevância teórica e prática (Corbeil, Trehub & Peretz, 2016). Sole (2017) constata que algumas

crianças cantam para adormecer, e sugere que o canto espontâneo funcione como apoio a estratégias adaptativas durante este período de desenvolvimento intenso. O canto como forma de autorregulação torna-se cada vez mais comum no período pré-escolar e acredita-se que a música no geral, ao serviço da autorregulação, atinja o seu apogeu na adolescência (Schwartz & Fouts, 2003). Um estudo desenvolvido por Bogt et al., (2017) revela que cerca de 70% dos adolescentes e jovens-adultos admitem ouvir música como uma importante fonte de consolo, procurando as músicas preferidas quando vivenciam emoções negativas (Sharman & Dingle, 2015).

Ainda assim, o valor da música não se estagna por aqui, pelo contrário, permanece ao longo da vida e atualmente sabe-se que a sua relevância é determinante em diversas fases. Numa investigação desenvolvida na Suécia, a maioria dos adultos idosos mencionaram ouvir música com o objetivo de induzir emoções positivas (Laukka, 2007). Assim, compreender o desenvolvimento da resposta emocional à música é particularmente relevante para intervenções que usam a música como uma ferramenta indispensável de autorregulação.

Também se considera a música, um meio facilitador dos laços sociais e da coesão de grupo no sentido em que, a capacidade demonstrada pelos seres humanos, em se moverem no mesmo tempo que outras pessoas e de maneira sincronizada, é uma componente comum do envolvimento musical em diversos contextos sociais. Esse movimento síncrono, com ou sem música, promove o comportamento pró-social e a coesão do grupo em adultos (Launay, Dean, & Bailes, 2014; Fessler & Holbrook, 2014) e tem efeitos semelhantes na primeira infância (Cirelli et al., 2014; Trainor & Cirelli, 2015; Cirelli et al., 2017).

As descobertas feitas por Cirelli et al., (2014) em estudos com bebés de 14 meses, sugerem que a sincronização interpessoal motora com a música, pode promover o desenvolvimento precoce do comportamento altruísta. Mais tarde, num contexto não musical, Cirelli et al., (2017) compreendeu que o movimento síncrono continuou a ter efeitos semelhantes de maior ajuda, no entanto, esta não foi tão imediata e a agitação dos bebés foi maior do que os estudos anteriores com recurso à música.

Com isto podemos inferir que a música pode não ser necessária para que exista esta sincronização de movimento interpessoal, mas a sua presença regula o humor e permite que os bebés experimentem de forma plena os efeitos do movimento sincronizado. Os resultados evidenciados por Cirelli et al., (2018) sugerem que os bebés

recorrem a este movimento interpessoal para compreender o seu mundo social desde os 12 meses de idade. Estes estudos com bebés são consistentes com a visão de que os aspetos temporais subjacentes à sincronização no movimento, são uma característica importante no envolvimento musical que influencia a escolha social e a interação interpessoal, desde uma fase muito inicial da nossa vida (Tunçgenç & Cohen, 2018).

O envolvimento musical tem resultados semelhantes para a interação interpessoal tanto em crianças pré-escolares como as de idade escolar. Crianças de quatro anos cuja brincadeira inclui música e movimento, cooperam mais prontamente umas com as outras, do que aquelas cuja brincadeira exclui uma atividade musical – um efeito aparentemente impulsionado pelo movimento síncrono (Tunçgenç & Cohen, 2018). Quando crianças desta mesma idade são colocadas num baloiço e baloioam ao mesmo tempo que os seus pares, passam a coordenar de forma mais eficaz as suas ações com os mesmos, do que quando andam no baloiço em tempos descoordenados dos pares (Rabinowitch & Meltzoff, 2017).

A natureza da exposição precoce molda as preferências musicais que contribuem para a identidade social e por sua vez, também influencia a perceção de padrões de ritmo (Hannon & Trehub, 2005a, 2005b) e tom (Gerry et al., 2012; Trainor, Marie, Gerry, Whiskin, & Unrau, 2012) na infância (Corrigall & Trainor, 2014; Kragness & Trainor, 2018). Enquanto o envolvimento musical ajuda os adolescentes a aprimorar seu senso de identidade no mundo social, ajuda também os adultos idosos a o mantê-lo diante mudanças laborais, dinâmicas familiares e outros fatores. A música e o envolvimento musical ao longo da vida tornam-se cada vez mais vinculados às memórias episódicas. Como resultado, a música nesta fase da vida, pode ser um poderoso regulador do humor e do bem-estar, estimulando memórias de relacionamentos e eventos do passado.

Estudos descritivos indicam que intervenções musicais aumentam os sentimentos de bem-estar em pacientes com doenças degenerativas, em parte estimulando memórias ligadas a emoções positivas (Särkämö, 2018; Sixsmith & Gibson, 2007). O envolvimento em atividades musicais, foi associado a um menor risco de demência entre mulheres japonesas mais velhas (Arafa et al., 2021). Também em Portugal, temos no momento presente, um programa grupal de canto em idosos, com a duração total de seis meses (Galinha et al., 2020). Apesar de ainda não serem conhecidos os resultados desta intervenção em particular, evidências demonstram que cantar é uma atividade multimodal

com benefícios cognitivos e melhorias de bem-estar, em adultos mais velhos (Pires et al., 2017; Skingley et al., 2016; Tan et al., 2018).

Pensar e sentir estão intimamente ligados na música (Cross, 2005) assim como noutros domínios (e.g., Damásio, 2000). A percepção, produção e a interação musical são tarefas extremamente exigentes para o cérebro humano, requerem uma série de funções e processos cognitivos que englobam a atenção, a aprendizagem, a memória, o reconhecimento, a integração multimodal, funções comunicativas, cognição social, o processamento sintático, a ação e emoção. Para além da importância do seu papel na evolução, na interação social e desenvolvimento humano, esta riqueza faz da música um excelente meio para estudar a cognição humana. A possibilidade de explorarmos como é que o nosso cérebro a processa é uma dádiva e uma ferramenta especialmente importante para compreendermos a interação dos processos em diferentes níveis, numa multiplicidade de domínios (cf. Koelsch, 2012; Koelsch, 2019).

As bases neurais da percepção musical

O sistema auditivo é considerado uma das obras-primas de engenharia do corpo humano; é responsável por transformar a energia mecânica das moléculas do ar em informação neural que, em última instância, originam as qualidades percetivas que ouvimos (Purves et al., 2018). Na sua periferia, a membrana basilar suporta o órgão de Corti e nele encontram-se tanto as células epiteliais de suporte como, as células ciliadas¹ que estão compactadas num espaço, não maior do que uma ervilha. A força que as ativa, são as ondas sonoras e podem transduzir vibrações tão pequenas quanto o diâmetro de um átomo, respondendo muitíssimo mais rápido do que os fotorreceptores visuais (Purves et al., 2018). Na sua base, estas células fazem sinapse com as dendrites dos neurónios sensoriais (cujos corpos celulares se localizam no gânglio espiral) que por sua vez, são os primeiros a desencadear um potencial de ação nas vias auditivas – do nervo coclear ao SNC – e a iniciar assim todas as entradas auditivas no cérebro (Amunts et al., 2012; Froud et al., 2015; Nayagam et al., 2011). Este sistema permite-nos detetar a alteração de sons do ambiente, possibilita a comunicação com o mesmo e torna-se essencial não só para a compreensão da fala, mas também para a percepção da música – uma das formas mais sofisticadas de expressão humana, como já vimos (Purves et al., 2018).

¹ Células sensoriais do sistema auditivo.

Descobrir os fundamentos neurais do processamento musical é um tema central na neurociência cognitiva, como evidenciaremos pelo crescente corpo de literatura sobre esta temática. Até aos anos 90, as capacidades musicais eram vistas como estando inseridas em estruturas cognitivas gerais, mas a compreensão das bases cognitivas e neurológicas do processamento musical desenvolveu-se muito e coadunou com o avanço em diversas áreas de estudos. Ao longo dos anos, o estudo das capacidades musicais em pessoas com lesões neurológicas e/ou perturbações do neurodesenvolvimento (Acidente Vascular Cerebral, Epilepsia, Síndrome de Savant Repentino, Síndrome de Williams, Perturbações do Espectro do Autismo, Amúsia, entre outros) trouxe novos *insights* clínicos e científicos sobre como é que a música pode ser processada no nosso cérebro.

Apoiando a perspetiva da origem biológica da música e com base em observações clínicas de pacientes com défices seletivos na perceção de componentes melódicas ou na perceção de componentes temporais, Peretz e Coltheart (2003) propuseram um modelo cognitivo de organização e processamento musical, para melodias monofónicas. Fornecendo um suporte teórico aos diversos padrões de dissociação até então percebidos (Peretz, 1990; Tramo, Bharucha & Musiek, 1990; Liégeois-Chauvel et al., 1998), este modelo defende a existência de dois sistemas independentes – melódico e temporal – que simultaneamente organizam os estímulos acústicos que o nosso cérebro recebe. Falaremos destes com maior detalhe das secções seguintes.

Embora o próprio conceito de modularidade tenha as suas carências ao nível de um consenso; e ainda persista a dúvida sobre se existem processos evolutivos por detrás do desenvolvimento da música nos humanos (Cross, 2016; Huron, 2012; Pinker, 1997) atualmente, as capacidades musicais são estudadas como parte de um módulo mental distinto, com seus próprios procedimentos e bases. Estão associadas a substratos neurais separados e como tal, esta é entendida como uma capacidade distinta, cognitivamente única e em constante evolução (Thaut & Hodges, 2019).

As técnicas de neuroimagem têm contribuído substancialmente nas últimas duas décadas, para progressos no mapeamento de múltiplas funções cognitivas. Entre estes avanços, mapearam-se com sucesso, várias regiões corticais e subcorticais que suportam o processamento de música e foram identificadas várias outras subjacentes aos processos cognitivos complexos envolvidos na perceção, memória, emoção e desempenho musical. De maneira a promover uma melhor compreensão sobre o processamento da música, têm sido exploradas as interações entre as diferentes estruturas e regiões associadas (Jazen &

Thaut, 2019). Thaut e Hodges (2019) refletem sobre novas oportunidades de investigação no campo das neurociências da música, nomeadamente na organização dinâmica das redes cerebrais implícitas ao processamento musical. Há uma demonstração crescente da capacidade de novas técnicas de reabilitação baseadas na música, para auxiliar o processo de recuperação, de adaptação durante o progresso da doença ou do desenvolvimento atípico. Estes esforços, são um testemunho da importância do processamento auditivo e do envolvimento musical na funcionalidade diária e na qualidade de vida.

Se a música for verdadeiramente um produto de capacidades humanas distintas, e distintamente funcionais, uma melhor compreensão da música em termos evolutivos deveria ser de imenso valor para elucidar o significado e distinção da música como processo cognitivo e como comportamento social.

A percepção musical inicia-se com a descodificação da informação acústica. Primeiramente, os sinais acústicos (e.g., voz e música) entram no ouvido humano e desencadeiam uma cascata de transposições de sinais ao longo das vias auditivas. Os sinais sonoros recebidos são transmitidos pelo ouvido externo e médio, para a cóclea no ouvido interno, onde a informação acústica é transduzida em atividade neural. Fora da cóclea, as dendrites das células do gânglio espiral fazem sinapse com a base das células ciliadas, e o movimento destas faz com que as células do gânglio espiral, sejam os primeiros neurónios a desencadear um potencial de ação nas vias auditivas (devido às sinapses dos seus axónios com as dendrites dos núcleos cocleares) e a iniciar assim todas as entradas auditivas no cérebro (Amunts, Morosan, Hilbig, & Zilles, 2012; Froud et al., 2015; Nayagam, Muniak, & Ryugo, 2011). A maioria das fibras passa para o hemisfério oposto começando ao nível dos núcleos cocleares (via contra-lateral), enquanto algumas permanecem no mesmo lado de entrada (via ipsilateral).

Como função perceptiva, a percepção musical possui uma organização hierárquica cujas características acústicas são processadas conforme a sua crescente complexidade. Encontram-se representadas de forma tonotópica na membrana basilar da cóclea e essa organização encontra-se por todo o neuroeixo auditivo (Humphries et al., 2010). A informação acústica é altamente pré-processada por uma série de núcleos do tronco cerebral antes de atingir o córtex: as propriedades básicas são extraídas no núcleo coclear, no lemnisco lateral e no complexo olivar superior. Por fim, o córtex auditivo também prepara informações acústicas para um posterior processamento concetual e consciente.

Os intervalos melódicos e temporais parecem ser processados de forma independente, conforme sugerido pela observação de que lesões cerebrais que podem interferir na discriminação das relações de tom, mas preservam a interpretação precisa das relações de tempo e vice-versa (Peretz & Zatorre, 2005; Di Pietro Laganaro, Leemann, & Schneider, 2004).

No modelo neurocognitivo de processamento musical proposto por Peretz e Coltheart (2003), os estímulos acústicos que são recebidos encontram-se organizados dentro dois sistemas independentes. A sistematização melódica composta pelo contorno (a direção das alterações do tom), pelos intervalos (a diferença de frequência entre tons sucessivos) e pela escala (ou codificação tonal). E a sistematização temporal, que por sua vez, tem a função de situar no tempo, a melodia que é simultaneamente processada pelo sistema melódico – isto é efetivado através de dois processos: o ritmo (o agrupamento de eventos de acordo com a sua proximidade temporal) e a métrica (número de batidas principais e secundárias por cada unidade de tempo). Nesta base cognitiva teórica, cada componente individual modular possui a propriedade de especificidade neural, onde uma lesão neurológica pode interferir num destes sistemas de processamento ou a troca de informação entre os componentes de forma isolada (Peretz & Coltheart, 2003).

No entanto, esses diferentes tipos de processamento até então não foram dissociados em estudos de neuroimagem funcional. Vários estudos de lesões e imagens funcionais identificaram a circunvolução de *Heschl* lateral como uma área sensível ao tom, sugerindo então que esta região cortical que a percepção dos tons fosse são representados nesta região cortical particular do córtex auditivo (Zatorre & Zarate, 2012). No que diz respeito às diferenças funcionais entre o córtex auditivo primário esquerdo e direito, bem como o córtex de associação auditiva, vários estudos sugerem que o córtex auditivo (CA) esquerdo tem uma resolução de informação temporal maior do que o CA direito e que este, tem uma resolução espectral maior do que o CA esquerdo (Zatorre, Belin, & Penhune, 2002; Hyde, Peretz, & Zatorre, 2008; Perani et al., 2010).

A percepção musical das componentes melódicas

O contorno melódico corresponde à forma de uma melodia, sendo essencialmente o que lhe confere o seu carácter distinto, dependendo se a sucessão de tons aumenta, diminui ou se mantém (Tan et al., 2017). O tom é um aspeto essencial da música, no

entanto, não é propriedade física de nenhum som nem de nenhuma fonte sonora, descreve-se sim por uma sensação induzida pelo som, tornando-o então numa variável psicológica. De um prisma perceptivo e neuronal, há uma vasta literatura que se dedica ao estudo do tom, com mais de 150 anos (Plack et al., 2005). A atribuição de uma definição concreta, tem variado muito ao longo dos últimos anos, refletindo uma dificuldade em clarificar o conceito. Em 2013 a American National Standards Institute (ANSI) caracterizou o tom como “a qualidade da sensação auditiva, pelo qual os sons são ordenados na escala usada para a melodia na música” (ANSI, 2013, p.58). Embora esta definição tenha sido conveniente, para descrever o papel do tom na música, hoje percebe-se que tem uma implicação muito específica, na medida em que o tom também se encontra na subjacência das vocalizações animais, onde as variações de tom são frequentemente contínuas e albergam pouca semelhança com as escalas e melodias musicais.

Por esta razão, Oxenham (2019) contribui com outra aceção a este conceito, de forma mais generalista, mas com precisão, define o tom como: o atributo da sensação auditiva que se encontra mais intimamente relacionado à frequência ou periodicidade acústica, pelo qual os sons podem ser ordenados numa escala.

Sabemos que os humanos são extremamente sensíveis a mudanças no tom e este tem fascinado a investigação ao longo dos séculos. A fim de compreendermos a experiência do tom musical, devemos ter em conta os processos que operam, que são em parte impulsionados pelo sinal musical acústico, e os processos que são mediados por mecanismos centrais (em grande parte corticais) que surgiram através de processos de desenvolvimento e aprendizagem (Rentfrow & Levitin, 2019). Por outras palavras, a perceção do tom musical baseia-se tanto em processos ascendentes (impulsionados pelos sinais acústicos) como descendentes (resultantes da nossa história evolutiva e da aprendizagem individual, culturalmente situada).

A perceção melódica requer a integração temporal de tons sucessivos. E a avaliação desta, recorre ao paradigma Dowling (Dowling & Fujitani, 1971; Dowling, 1978) que usa o método de estímulos constantes e uma tarefa de escolha forçada de dois intervalos e duas alternativas que exige aos ouvintes que decidam se duas melodias curtas e desconhecidas soam "iguais" ou "diferentes".

Os mecanismos exatos subjacentes à perceção do tom (do inglês *pitch*) não são conhecidos, mas é evidente que tanto a informação espacial (proveniente da organização tonotópica da cóclea) como a informação temporal (proveniente dos intervalos inteiros

de tempo de pico neural no nervo auditivo) contribuem para a percepção do tom (Moore, 2008).

Dadas as enormes projeções *top-down* dentro da via auditiva, torna-se também cada vez mais óbvio que estas desempenham um papel importante na percepção do tom (Malmierca, Anderson & Antunes, 2015). Dentro do quadro de codificação preditiva (atualmente uma das teorias dominantes sobre percepção sensorial), pensa-se que tais projeções *top-down* permitem passar as previsões, enquanto a informação sensorial *bottom-up* é passada sinalizando erros de previsão, ou seja, informação sensorial que não corresponde a uma previsão (Friston, 2010). No entanto, uma série de questões importantes permanecem em aberto, incluindo algumas questões muito básicas sobre a natureza da codificação do tom, em todos os níveis do sistema auditivo.

A percepção musical das componentes temporais

Sabemos que a música se desenvolve no tempo e a que a sua base física se fundamenta nos padrões temporais das vibrações físicas transduzidas no nosso sistema auditivo. Incorpora regularidades temporais dentro de vários níveis hierárquicos (Margulis, 2014) e como tal, a sua percepção envolve o conhecimento destes processos de tempo complexos e paralelos, que combinam estruturas locais e hierárquicas a múltiplos níveis de organização (cf. Koelsch, 2010; Levitin & Tirovolas, 2009). A percepção de aspetos universais da estrutura temporal pode não exigir exposição prévia, mas o processamento de aspetos específicos de uma cultura obviamente requer uma aprendizagem, seja ela incidental ou deliberada. Ignorar a importância da estrutura temporal na percepção auditiva pode levar a afirmações teóricas erradas, muitas vezes utilizadas para fundamentar investigações. Este tópico em particular traz uma longa história na investigação e tem sido abordado extensivamente em publicações mais recentes (Honing & Bouwer, 2019; Benedetto et al., 2021).

A percepção dos aspetos temporais da música deve ser vista como uma interação entre o ritmo e a estrutura métrica. Em primeiro lugar, a distribuição da percepção temporal e a organização dos acontecimentos por grupos de estruturas rítmicas, permitem o surgimento de melhores *figuras* perceptuais, minimizando o conflito e a dificuldade de percepção (e.g., ser confrontado com estímulos difíceis de distinguir). O ritmo determina, atribui e constrói relações temporais entre acontecimentos no processo perceptivo. Como todos os esforços de percepção devem incluir um processo temporal multidimensional,

independentemente da modalidade dos sentidos, o ritmo assume um papel crítico na formação e modulação do significado perceptivo. Descrever e medir com precisão o ritmo musical, é um grande desafio devido a toda a complexidade que se encontra na sua subjacência (Wright, 2011). Esta repetição musical refere-se à percepção de que algo, ainda que discreto, perpetua no tempo em intervalos regulares (e.g. uma torneira a pingar). À mesma repetição temporal, poderíamos chamar de periodicidade, quando percebemos que o som se repete sem que haja propriamente um início e um final claros (e.g. o som de uma sirene). A única diferença reside na forma pela qual pensamos nessa mesma unidade que se repete.

De uma perspetiva biológica, a capacidade de perceber e sincronizar com um ritmo é um fenómeno curioso e uma temática muito desafiante para a investigação neurocientífica (Cameron & Grahn, 2016). Um dos fenómenos mais intrigantes na música é que quando nós ouvimos o ritmo, nós percecionamos uma batida regular e recorrente (Large, 2008) que nos permite, por exemplo, baloiçar a cabeça e batermos palmas todos juntos. Esta batida é um fenómeno cognitivo, gerado psicologicamente e nem sempre tem de se alinhar com um ritmo – muitas vezes, continuamos mentalmente a batida ainda que existam momentos na música em que ela não surja. De seguida, organizamos estas batidas musicais, alternadas entre fortes e fracas em múltiplas escalas de tempo hierárquicas – denominada por métrica (Epstein, 1995).

Embora alguns teóricos da música questionem e não enfatizem esta distinção, existe um consenso geral de que ritmo e métrica, na verdade são dois conceitos muito distintos (Londres, 2012). A percepção métrica, é resultado do mapeamento a partir da forma da onda acústica que estimula os nossos ouvidos para uma representação interna invariável de pulsos periódicos. Num nível mais básico, a representação interna de um pulso, pode ser mapeada diretamente em modulações periódicas no estímulo. Isto acontece quando ouvimos um metrónomo. Mas os estímulos musicais raramente são assim tão precisos. Além disso, os humanos percecionam frequentemente os pulsos métricos na música sem periodicidades acústicas proeminentes. Evidências de marcação de frequência mostram que o cérebro transforma a representação de tais estímulos ao aumentar seletivamente as periodicidades relacionadas à métrica (Lense et al., 2021). Podemos aprender mapeamentos arbitrários entre métricas específicas e figuras rítmicas. Assim, ouvintes de diferentes culturas, sabem diretamente onde está o pulso ao ouvir um padrão específico. Logo, a percepção da métrica não é um fenómeno unitário, mas pode

envolver processos progressivamente mais elaborados, dependendo da natureza do estímulo e do contexto (Lense et al., 2021).

A capacidade de perceber um batimento e agrupar eventos no tempo é evidente desde a primeira infância até a velhice, exceto quando uma doença degenerativa ou outra lesão cerebral, prejudica essas capacidades (Rentfrow & Levitin, 2019). E uma das ideias mais influentes na organização da percepção temporal, é que os seres humanos possuem um mecanismo de relógio interno pelo qual somos capazes de medir e representar o tempo (Treisman et al., 1990). Exemplos de ritmos endógenos do corpo humano incluem o batimento cardíaco, a circulação sanguínea, a respiração, piscar de olhos, secreção de hormônios e ciclos menstruais femininos, entre outros. Foi sugerido que todos os movimentos humanos são inerentemente rítmicos, e como veremos, esses processos rítmicos endógenos podem interagir de muitas maneiras diferentes dentro de um indivíduo ou entre indivíduos pois envolvem diferentes conjuntos de fatores de união.

Assim surge o conceito de *entrainment*, proveniente da teoria de sistemas, postula que dois ou mais processos oscilatórios autônomos e independentes, quando interagem, se influenciam mutuamente, de tal forma, que se ajustam e eventualmente se prendem a uma fase e/ou periodicidade comum (Berger, 2011). Este princípio postula que quaisquer dois osciladores entrarão em ação se puderem interagir por tempo suficiente. Huygens descobriu esse fenômeno durante uma experiência com relógios de pêndulo: colocou cada um deles em movimento separados e descobriu que, quando voltou no dia seguinte, o balanço dos dois estava sincronizado. Ele extrapolou que o *entrainment* é um fenômeno natural onipresente que se manifesta por meio da conservação de energia durante a interação de ciclos rítmicos intimamente relacionados (Berger, 2011). Algumas das quais envolvem a cognição humana, onde o *entrainment* é a sincronização de processos de ritmo interno (como oscilações neuronais) ou comportamento (como bater ou dançar) para eventos externos periódicos (Hallam et al., 2016)

Esta tendência dos processos rítmicos ou oscilações de se ajustar a fim de corresponder a outros ritmos, foi descrita numa ampla variedade de sistemas e numa ampla gama de escalas de tempo (isto é, periodicidades): desde indivíduos ajustarem a sua fala a ritmos que combinam entre si na conversa, à maneira como uma sala de aplausos vai espontaneamente organizar-se num mesmo ritmo (Neda, Ravasz, Brechet, Vicsek & Barabási, 2000).

Este mecanismo interno se pode sincronizar com eventos externos (por exemplo, sons) e gerar acentos perceptivos de acordo com um conjunto específico de regras (Povel e Okkerman, 1981; Essens e Povel, 1985). Com base nessas regras perceptivas (Londres, 1995), somos capazes de gerar ritmos simples (ou seja, sequências com acentos perceptivos espaçados de forma idêntica) e de, alternativamente, gerar ritmos complexos (ou seja, sequências com acentos perceptivos desigualmente espaçados). Sabe-se que a capacidade de extrair a métrica desses ritmos, depende do treino musical e da exposição prévia a esses ritmos (Cameron et al., 2015; London et al., 2017; Bouwer et al., 2018; Nave-Blodgett et al., 2021). Isto significa que certos ritmos podem induzir ou favorecer (perante participantes sem treino ou exposição prévia) estratégias perceptivas (Grahn e Brett, 2007; Bouwer et al., 2018).

As diferenças individuais na percepção musical são um grande obstáculo que se manifesta através das dificuldades em tentar estabelecer uma verdade fundamental perceptiva dos ouvintes humanos. Por exemplo, Leveau, Daudet e Richard (2004) marcaram à mão os tempos iniciais de todos os eventos musicais discretos de 17 pequenos excertos musicais (6 a 30 segundos). Embora todos usassem a mesma ferramenta de *software* para realizar a rotulagem que eles próprios escreveram, muitas vezes discordavam não apenas sobre o tempo exato dos eventos, mas também sobre o número de eventos no total (Leveau, Daudet & Richard, 2004). Tanghe et al. (2005) encontrou o mesmo problema ao tentar fazer com que percussionistas especialistas marcassem todos os eventos de bateria discretos em várias gravações. A temporalidade musical expressiva final, carrega as nuances num ritmo que pode fazê-lo soar, por exemplo, mais "descontraído" ou mais "apressado". Mesmo se um músico tentar tocar exatamente ao mesmo tempo que um metrônomo (uma execução impassível e contra-natura), algo do seu tempo característico, ainda permanecerá (Clarke, 1999). O inverso também é verdadeiro: mesmo que o ritmo soe exatamente como marcado na partitura, isso não significa que tenha sido executado exatamente como anotado.

Aparentemente, isso é causado por uma lacuna entre a percepção de *top-down*, que direciona a expectativa, e de *bottom-up*, que direciona a percepção: algumas notas são tocadas mais cedo e mais tarde do que o esperado. Este fenómeno por si só, torna o estudo do tempo de considerável interesse para a cognição musical. O início físico (*physical onset*) é o verdadeiro início acústico de um evento sonoro, ou seja, o momento em que a amplitude se torna superior a zero. O início perceptual é o momento em que um ouvinte

ouve pela primeira vez que um evento começou (Vos & Rasch, 1981). O Tempo de Ataque Perceptual ("TAP") de um evento musical é o seu momento perceptivo de colocação rítmica (Collins, 2006; Wright, 2008). Note-se que enquanto o início físico é um aspeto do próprio sinal, o início perceptivo e o tempo de ataque perceptivo são parâmetros subjetivos e/ou, como o nome indica, perceptuais. Para sons altamente percussivos, o início perceptual pode ser o mesmo que o tempo de início físico, e o TAP também pode ser o mesmo, ou apenas alguns milissegundos mais tarde. No entanto, para sons com um ataque lento, por exemplo, violino de arco, o TAP pode ser dezenas de milissegundos após o início físico.

As recentes descobertas da neurociência cognitiva, descrevem como é que os processos neurais dão origem à percepção do ritmo. A escuta passiva de música, ativa muitas regiões do cérebro. Essas áreas incluem o córtex auditivo, o córtex motor, o córtex visual e o sistema límbico (Freitas et al., 2018). Sabemos então que ouvir ritmos musicais recruta regiões motoras do cérebro (Chen, Penhune & Zatorre, 2008; Grahn & Brett, 2007) e, portanto, lesões cerebrais em áreas motoras podem causar defeitos na percepção do ritmo. Poderíamos ainda inferir que causam igualmente défices de produção, mas não temos conhecimento de nenhuma literatura específica sobre o tema.

Existem extensas conexões neurais entre os córtices auditivo e motor; onde estudos de ressonância magnética funcional (fMRI) demonstraram que mesmo quando o indivíduo não realiza nenhum movimento, ouvir música ativa regiões cerebrais responsáveis pelo movimento, como o córtex pré-motor, área suplementar motora, pré-ASM, cerebelo e gânglios da base (Chen, Penhune, & Zatorre, 2008; De Pretto & James, 2015; Levitin & Menon, 2003). Essa correlação sugere que, quando ouvimos música, o cérebro pode preparar automaticamente o sistema motor, mesmo que não haja intenção de se mover. Diferentes regiões motoras podem desempenhar papéis específicos no processamento de música. Foi sugerido que os gânglios da base predizem e antecipam as localizações futuras do batimento (Grahn & Rowe, 2009), enquanto o cerebelo é responsável pelo tempo absoluto dos eventos no ritmo (Cameron & Grahn, 2014). Quando uma pessoa se move ao som da música, o cerebelo pode monitorar mudanças no padrão de um ritmo para alterar os movimentos e corrigir erros de tempo, auxiliando assim no controlo da sincronização auditivo-motora (Bijsterbosch et al., 2011).

O ritmo musical é encontrado em todas as culturas conhecidas, e a tendência para nos movermos em simultaneidade com o ritmo, surge sem treino explícito. O ritmo

provoca de forma fiável a atividade auditiva e motora mesmo sem respostas comportamentais explícitas (Chen et al., 2008a; Grahn e Brett, 2007). Embora surja sem esforço, a percepção do ritmo musical varia em função do treino (Cameron e Grahn, 2014; Drake, Penel e Bigand, 2000), de diferenças individuais (Grahn e Schuit, 2012) e como já vimos, da cultura (e.g., Cameron, Bentley e Grahn, 2015).

Em consonância com o envolvimento do sistema motor nos mecanismos gerais de percepção temporal (Merchant, Harrington, & Meck, 2013; Merchant & Yarrow, 2016), o sistema motor tem sido implicado repetidamente na percepção do ritmo e da estrutura métrica (Grahn & Brett, 2007; Grahn & Rowe, 2013; Kung, Chen, Zatorre, & Penhune, 2013; Merchant et al., 2015). A percepção desta batida é conhecida por gerar uma sincronização espontânea com os nossos movimentos (Grahn e Brett, 2007; Burger et al., 2014), e diferentes níveis métricos estão incorporados por todo o corpo (Burger et al., 2018), sugerindo a presença de uma organização hierárquica comum do sistema sensorial e motor durante a codificação métrica de sequências rítmicas. Esta ligação sensoriomotora é consistente com a hipótese de uma estratégia de codificação comum partilhada entre os sistemas motor e perceptivo, ou uma representação sensoriomotora partilhada do tempo (Morillon e Baillet, 2017; Benedetto et al., 2020). Segundo Manning e Schutz (2013), movermo-nos com a batida melhora a percepção temporal, isto é, a codificação métrica do ritmo pode ser influenciada pelo movimento (Phillips-Silver e Trainor, 2008) e pelas ativações específicas no sistema motor (Zatorre et al., 2007; Patel e Iversen, 2014). Nozaradan et al., (2016) demonstrou que o envolvimento motor pode melhorar a percepção temporal auditiva em adultos (Nozaradan, Schönwiesner, Caron-Desrochers & Lehmann, 2016; Doelling & Poeppel, 2015).

A maioria das investigações até então apresentadas concentram-se na percepção dos aspetos temporais da música. No entanto, já vários autores (Leman, 2008; Phillips-Silver & Trainor, 2005, 2008) apresentaram evidências que sugerem uma ligação direta entre o ritmo musical e o movimento. Direta, no sentido de que se argumenta que a percepção rítmica é influenciada (ou mesmo determinada) pela nossa fisiologia e métricas corporais – desde o funcionamento do nosso sistema vestibular (Trainor et al., 2009) até ao comprimento da perna e tamanho do corpo (Todd et al., 2007). Mais recentemente, várias teorias argumentam que o ritmo e, especialmente, a percepção métrica são dependentes de ligações bidirecionais e potencialmente causais entre os sistemas auditivo e motor no cérebro (e.g., Large et al., 2015; Merchant & Honing, 2014; Patel & Iversen,

2014; Todd & Lee, 2015). Reconhecendo que constituem um acréscimo importante à perspectiva perceptiva que adotamos e aos objetivos do presente trabalho, serão exploradas estas explicações incorporadas da percepção do ritmo, e as interações presentes entre o sistema motor e o sistema auditivo.

Deve-se sempre ter em mente que, a percepção temporal da música está ligada à percepção de outros aspetos estruturais da música (tom, timbre, entre outros) e que esta, está intimamente relacionada ao movimento. Mover-se durante uma sequência auditiva facilita a extração subjetiva da pulsação (ou seja, a identificação da “batida”), particularmente para tempos dentro de frequências de movimento confortáveis.

O papel da corporalização no processamento temporal

A indução de movimento pela percepção musical na forma de dança, canto, pulo ou balançar, juntamente com a música é uma experiência muito comum (Panksepp & Bernatzky, 2002). Não obstante, apesar da facilidade com que os humanos captam a batida e sincronizam os seus movimentos com a música, a compreensão sobre a forma que o nosso cérebro percebe e processa o ritmo permanece em constante descoberta.

As questões sociais da música são atribuíveis, em parte, à coordenação interpessoal que é facilitada pelas regularidades temporais presentes na música (Trehub et al., 2019). Encontramos ritmo musical em todas as culturas conhecidas, e a tendência para nos movermos em simultaneidade com o ritmo, surge sem a necessidade de um treino explícito (Cameron & Grahn, 2016). Salvo raras exceções, a sincronização com o ritmo é exclusiva dos seres humanos, envolvendo a coordenação temporal precisa de ações entre os indivíduos (Savage et al., 2021).

O movimento com música parece surgir sem nenhum treino específico e desde idades muito jovens. Por exemplo, nos primeiros dois anos de vida, antes do controlo total sobre o sistema motor (Martin, 2005), descobriu-se que bebés moviam os seus corpos ritmicamente em resposta à música (Zentner & Eerola, 2010). Curiosamente, estes moviam-se tanto com ritmos musicais e batidas de tambor simples quanto com excertos de música clássica. Percebemos assim, que mesmo na infância, o ritmo desempenha um papel na condução do movimento. Embora os movimentos ocorram de forma espontânea, sem qualquer orientação ou prática, não há evidências de que os movimentos estivessem sincronizados com precisão com a métrica. Em algumas crianças, a capacidade de sincronização surge aos três ou quatro anos, embora a maioria não sincronize, com

precisão, até idades mais avançadas (Eerola, Luck, & Toiviainen, 2006; McAuley, Frater, Janke, & Miller, 2006).

Por volta dos oito a doze meses de idade, os bebês diferenciam a dança sincronizada com uma batida musical da dança não sincronizada com a batida (Hannon, Schachner, & Nave-Blodgett, 2017). Mesmo quando as crianças são capazes de dar respostas comportamentais ou motoras, a imaturidade do seu sistema motor torna pouco claro se é a falta de capacidades de percepção métrica ou a imaturidade motora, que está na raiz das diferenças entre a forma como as crianças e os adultos processam estas características temporais. Por exemplo, embora as crianças se movam quando ouvem música, há poucas evidências de que realmente sincronizam os seus movimentos com a batida, o que torna pouco claro se as crianças têm fracas capacidades perceptivas, ou se têm apenas pobres recursos motores para dançar/ se mover.

A atividade da banda beta reflete as interações auditivo-motoras (Fujioka, Trainor, Large, & Ross, 2012) e os investigadores utilizaram esta abordagem para mostrar que o processamento métrico só pode amadurecer depois dos 7 anos de idade. A atividade da banda beta de crianças de sete anos durante o processamento de batidas apenas mostrou o padrão adulto de dessincronização e subsequente recuperação em antecipação da batida para ritmos lentos, e não rápidos (Cirelli, Bosnyak et al., 2014). Estas descobertas na banda beta alinham bem com as descobertas comportamentais que sugerem que a sincronização sensoriomotora com a música não atinge a precisão semelhante à do adulto, até aos 8 ou 9 anos de idade (McAuley, Jones, Holub, Johnston & Miller, 2006). Juntas, estas descobertas sugerem que a percepção métrica está intacta desde o nascimento, mas que as capacidades de processamento auditivo-motor necessárias para sincronizar os movimentos com a música se desenvolvem consideravelmente até à infância.

Por exemplo, músicos cujo treino começou antes dos sete anos de idade sincronizam-se com maior precisão aos estímulos auditivos e visuais, do que músicos cujo início ocorreu após essa idade (Bailey & Penhune, 2010; Watanabe, Savion-Lemieux, & Penhune, 2007). De uma perspetiva evolutiva, os humanos parecem ter ganho esta predisposição genética para sincronizar o movimento com os ritmos musicais (Patel, 2008; Phillips-Silver e Keller, 2012).

Schneider et al., (2010) propôs a existência de um gerador central de padrões ou um marca-passos no cérebro, que regula o funcionamento temporal e governa a resposta do ritmo humano, o que significa que o ritmo aprimorado no padrão de movimento criado

pela execução sincronizada com a música, ajuda a coordenar os processos de sinalização que regulam a locomoção, o controlo neurovascular e a integração sensorial com mais eficiência.

A música pode influenciar o movimento por meio de mecanismos cerebrais que não requerem o envolvimento de processos corticais de ordem superior. Por exemplo, há muito se sabe que um estímulo auditivo alto pode provocar movimento, conhecido como reflexo de sobressalto acústico, pela conexão coclear com o trato retículo espinal (Davis, Gendelman, Tischler & Gendelman, 1982). A coordenação anatômica e funcional entre as áreas auditivas e motoras tem sido estudada, com o objetivo de se entender como é que as áreas corticais e subcorticais estão envolvidas na sincronização sensoriomotora e no processamento temporal. Os focos mais específicos são encontrados nos papéis das redes: córtico-cerebelar e, gânglios basais-tálamo-corticais. O conceito de rede aqui presente, é entendido como um conjunto de ligações estruturais e funcionais entre regiões que se ativam perante uma função em específico.

O efeito da música na excitabilidade motora pode ser medido usando estimulação magnética transcraniana (EMT) sobre o córtex motor primário para causar potenciais evocados motores (Guillot & Collet, 2010). Maiores potenciais evocados motores foram encontrados quando os participantes estavam a ouvir música com *high-groove* (definida como música que invoca o desejo de se mover) em comparação com a música *low-groove* (Cameron et al., 2012; Madison, 2006). Curiosamente, este padrão foi encontrado apenas para o grupo de músicos (com 4 anos de educação formal em música), o grupo de não-músicos obteve menores potenciais evocados motores com música *high-groove*. Quando os investigadores usaram estímulos rítmicos compostos por uma série de tons, ocorreram PEM maiores para ritmos com uma batida forte do que para ritmos com uma batida fraca, em músicos e não músicos (Cameron et al., 2012). Este estudo teve como objetivo investigar o processamento motor dos aspetos métricos do ritmo, comparando os PEM eliciados por EMT de pulso único enquanto os participantes ouviam sequências de tons rítmicos metricamente fortes e fracos e música. Os resultados mostram que, apesar da pequena amostra de participantes, mudanças na excitabilidade do sistema motor podem ocorrer devido à força métrica das sequências de tons rítmicos (Cameron et al., 2012).

Assim, as evidências sugerem que a tendência natural de nos movermos com a música, é influenciada por mecanismos cerebrais de baixo nível. Isto ajudaria a explicar como é que o movimento e as ativações musculares podem ocorrer, mesmo sem a decisão

consciente de nos movermos ou dançarmos uma música. Rentfrow e Levitin (2019) referem que a experiência musical influencia a nossa capacidade de respostas a diferentes níveis de *groove* musical, mesmo nesse nível baixo. Os movimentos corporais espontâneos eliciados pela música refletem de perto a estrutura hierárquica da música (Burger et al., 2013) pois quando há uma batida clara e forte, os movimentos corporais tendem a ser mais regulares e estáveis em seu tempo; e quando a batida é mais fraca ou menos regular, os movimentos do corpo são também eles menos regulares (Janata, Tomic, & Haberman, 2012). Su e Pöppel (2011), viram que o movimento durante a escuta também influencia a quantidade de sincronização entre esse pulso extraído e a sequência auditiva. Embora isto indique que o movimento pode facilitar a identificação da batida métrica, o seu efeito no processamento temporal, permanece uma questão em aberto.

Sabemos então que, os seres humanos percebem e movem-se espontaneamente para um ou vários níveis de pulsos periódicos (a métrica) ao ouvir o ritmo musical, mesmo quando a entrada sensorial não fornece pistas periódicas proeminentes para sua localização temporal. Lenc et al., (2021) reviu uma estrutura de vários níveis para entender como é que as entradas rítmicas externas são mapeadas em pulsos métrico (por sua vez representados internamente). Este mapeamento foi estudado através uma abordagem para quantificar e comparar diretamente representações de pulsos métricos em sinais correspondentes a entradas sensoriais, atividade neural e comportamento (normalmente, o movimento corporal). Com base nesta abordagem, evidências empíricas recentes podem ser reunidas numa estrutura conceptual que descompacta o fenómeno da medição em quatro níveis, sendo que cada nível destaca processos funcionais específicos que permitem e moldam de forma crítica o mapeamento desde a entrada sensorial até a medição interna. Estes autores propuseram que a evolução humana construiu gradualmente um sistema robusto e flexível sobre esses processos fundamentais, permitindo que níveis mais complexos de mapeamento surjam nos comportamentos musicais. O que abre caminhos promissores para entender as muitas facetas dos comportamentos rítmicos (Lenc et al., 2021).

A percepção musical pode interferir no planeamento da ação em músicos (Drost et al., 2005) e a atividade pré-motora pode ser observada durante a percepção da música em pianistas a ouvir peças de piano (Haueisen & Knösche, 2001); em não músicos a ouvir música (Callan et al., 2006) e em não músicos que receberam uma semana de treino em piano e ouviram a melodia de piano que treinaram (Lahav, Saltzman & Schlaug, 2007).

Ouvir música também tem um efeito sobre os movimentos quotidianos, como o simples caminhar (Leman et al., 2013; Leow, Parrott, & Grahn, 2014; Leow, Rinchon, & Grahn, 2015). Leman et al. (2013) demonstra que quando os participantes foram instruídos a sincronizar a sua caminhada com o tempo de uma música, com batidas, os padrões temporais da música podem influenciar a velocidade da caminhada (ou comprimento da passada). Mais tarde Mendonça, Oliveira, Fontes e Santos (2014) estudaram a sincronização com a música enquanto os participantes caminhavam e um grupo foi instruído a sincronizar e os restantes, não. Apenas o grupo instruído sincronizou, e nenhuma evidência espontânea foi observada no grupo que não foi instruído. Da mesma forma, outro estudo constatou que, quando os participantes caminhavam com música ao ar livre, não havia evidência de sincronização espontânea (Franěk, van Noorden & Režný, 2014). Assim, embora a sincronização espontânea com a música possa ocorrer durante certas atividades, como corrida (Van Dyck et al., 2015) ou dança, ela não ocorre necessariamente durante uma caminhada sozinho. É possível que diferenças individuais na perícia musical possam determinar o grau a que os indivíduos tendem para sincronizar espontaneamente (Van Dyck et al., 2015).

Até então demos exemplos que indicam como que a percepção musical pode afetar o movimento, mas também é possível que o movimento afete a nossa percepção de música. Phillips-Silver e Trainor, (2005) referem que mover-se juntamente com a batida de um ritmo pode alterar a forma como esse ritmo é percebido. Deste modo, o treino físico e os movimentos do corpo podem influenciar a forma como processamos a música e o estudo desta influência do corpo na percepção musical é frequentemente denominado por cognição musical incorporada (Lemann & Maes, 2015). Para Lemann e Maes (2014a) a percepção musical está intimamente ligada ao movimento do corpo e à ação em si, e de acordo com as investigações desenvolvidas no seu laboratório, o *embodiment* é um conceito necessário para entendermos a percepção musical.

A integração de novas tecnologias e novos métodos de análise, inspirou a pesquisa empírica no avanço do conhecimento sobre a corporalização e/ou o papel do corpo, (*embodiment*) nos processos de percepção musical e importância musical (Shapiro, 2014). Vários foram os estudos que procederam à análise de movimento, mostrando que há um forte efeito da percepção musical sobre o comportamento corporal e vice-versa (cf. Toiviainen, Luck, & Thompson, 2010). No entanto, não é possível concluir-se que a

cognição musical é incorporada, isto é, que é definida pela corporalização. Mas, também não existe nada evidente no paradigma da cognição musical, para declarar que não há movimento envolvido quando percebemos a música (Jackendoff & Lerdaahl, 2006).

Sendo a dança uma forma comum de atividade física, indissociavelmente ligada à música, ou seja, contrariamente aos restantes desportistas, é um treino que envolve uma interpretação física de uma composição musical (Matyja, 2016) e especificamente do acompanhamento do ritmo musical, combina ritmos auditivos e visuais para coordenar o movimento. Bailarinos demonstram conectividade funcional aprimorada nas vias corticoestriadas que estão envolvidas na postura, movimento e seleção de ação (Burzynska et al., 2017), maior difusidade da substância branca (Karpati et al., 2018) e maior neuroplasticidade nas regiões motoras. Estas descobertas sugerem que, além do treino musical, a aprendizagem e experiência em dança possuem efeitos mensuráveis na estrutura e função das regiões cerebrais envolvidas na percepção e produção do ritmo. De facto, Masters et al. (2019) refletem sobre o facto do nosso corpo contribuir para a cognição de maneiras surpreendentes.

Vários estudos de caso e evidências de metanálise mostraram efeitos benéficos da dança nos sintomas de doença de Parkinson (motores e não motores) incluindo equilíbrio, marcha, qualidade de vida, humor, atenção e memória (Beck et al., 2020; Carapellotti et al., 2020). Esses resultados são clinicamente importantes, pois os problemas na marcha e equilíbrio que são muito comuns, estão associados ao aumento de quedas e a outros episódios adversos que diminuem a qualidade de vida em adultos mais velhos em geral (Patterson et al., 2018). Defeitos no processamento temporal e na sincronização têm sido associados a dificuldades de leitura e linguagem (Goswami, 2011) mas o treino musical tem sido sugerido como um meio de amenizar esses défices (Tierney & Kraus, 2013). Mesmo em crianças com desenvolvimento normal, a percepção do ritmo está altamente correlacionada com aspetos da linguagem expressiva (Gordon et al., 2015). Existem propostas de um período sensível para a sincronização sensoriomotora, durante o qual, o treino destas competências musicais possui efeitos especialmente significativos e duradouros (Penhune, 2011; Steele, Bailey, Zatorre & Penhune, 2013).

Houghton (2021) verificou diferenças significativas entre músicos e os seus pares não músicos, no desempenho de todas as tarefas musicais percetivas que constituem a MBEA. Nesta mesma referida investigação, há outro facto curioso onde é possível entender que a maior discrepância de desempenhos entre grupos, assentou na tarefa

métrica – tendo os músicos (que fruíram de uma aprendizagem formal desta componente), resultados superiores aos não-músicos. Atualmente sabemos que a coordenação do movimento, sob circunstâncias musicais, depende efetivamente da percepção métrica: um conjunto de pulsos periódicos aninhados que servem como uma referência interna de tempo. Por exemplo: quando balançamos a cabeça ao som da música, é um dos pulsos métricos percebidos, que vai orientar o nosso movimento (Lense et al., 2021).

Nozaradan et al., (2012) mostram que o cérebro reflete a batida e a métrica de acordo com a frequência de ressonância do movimento. As estruturas métricas, ressoam no cérebro e há evidências de que elas entram no sistema motor (Bengtsson et al., 2009; James et al., 2012). Como vimos, diversos estudos defendem que a métrica é influenciada pela aprendizagem formal da música (Nozaradan et al., 2012; Fujioka et al., 2015; Zhao et al., 2017). Sendo esta, um constrangimento violento para a nossa pulsação interior, a sua percepção beneficia à partida de um treino explícito, onde no caso dos músicos, até surge a necessidade da precisão de um metrônomo. No entanto, não é ainda claro o impacto diferencial das atividades que disciplinam o movimento do corpo (desportistas), nem tão pouco, o treino físico desta corporalização com melodia associada (dança). Para Montague (2018), as definições em torno da cognição musical ainda estão em processo de construção, por isso existem diferenças conceptuais que estão longe de serem consensuais já que diferentes áreas do conhecimento contribuem para o desenvolvimento da mesma. Num sentido exploratório, o objetivo da presente investigação é compreender se as diferentes formas de corporalização, têm influência diferencial na melhoria de desempenhos nas diferentes componentes da percepção musical.

Debruçamo-nos sobre as possibilidades existentes dentro da seguinte questão: *“Terão as características do treino físico ou deste, agregado a uma componente musical, um impacto diferencial no processamento melódico e no processamento rítmico?”*. De acordo com os objetivos delineados previamente colocam-se as hipóteses seguintes:

H1: A aprendizagem musical (músicos), tem um impacto benéfico no processamento das componentes melódicas e temporais da percepção musical.

H2: A prática desportiva (movimento corporal dos atletas) tem um impacto benéfico no processamento da percepção musical.

H3: A aprendizagem musical implícita e agregada ao movimento corporal (bailarinos), tem um impacto benéfico no processamento das componentes melódicas e rítmicas da percepção musical.

H4: O treino musical e corporal presente nos bailarinos, favorece o processamento temporal da música.

Parte II

Metodologia

Para dar resposta à questão inicial realizamos um estudo exploratório transversal, utilizando um método quantitativo de recolha de dados.

Participantes

Utilizámos o método de recolha de uma amostra não probabilística, por conveniência. A amostra é constituída por 120 participantes voluntários, 64 participantes do sexo feminino (53.3%) e 56 participantes no sexo masculino (46.7%) com idades compreendidas entre os 18 e os 32 anos ($M=23.02$; $DP=3.44$) e com uma média de 14 anos de escolaridade ($M=14.46$; $DP=1.89$). No total, apenas 10 (8%) dos participantes não têm nacionalidade portuguesa.

Sendo a área de formação e/ou a prática adicional, o critério que originou a separação entre os quatro grupos, perfizemos um total de 30 elementos inseridos em cada. Os músicos, praticam atualmente em média 6 dias por semana ($M=6.10$; $DP=0.174$) 22 horas ($M=22.66$; $DP=1.40$), sendo que a idade média do seu início de formação foi aos 7 anos ($M=7.80$; $DP=0.451$). Idêntica à média de idades iniciais dos bailarinos ($M=7.93$; $DP=0.597$), que por sua vez praticam dança em média 5 dias semanais ($M=5.30$; $DP=0.128$) com cerca de 28 horas ($M=28.07$; $DP=2.00$). Por fim, no grupo constituído por atletas, estes possuíam uma média de 10 anos ($M=10.07$; $DP=0.549$) quando iniciaram a sua prática e atualmente praticam 5 dias ($M=5.27$; $DP=0.172$) e 10 horas semanais ($M=10.20$; $DP=0.639$). O grupo de controlo, foi constituído por 30 indivíduos pares, estudantes e sem prática adicional significativa de nenhuma das atividades mencionadas.

Os critérios de inclusão gerais passaram por ter: (1) idade igual ou superior a 18 anos; (2) pelo menos 5 anos de formação na área pretendida. Os critérios de exclusão, limitaram-se a possíveis contraindicações para realização da prova: (1) presença de perturbações do neurodesenvolvimento e (2) presença de implantes cocleares.

Instrumentos

O instrumento utilizado foi a *Montreal Battery Assesement Evaluation* (MBEA), publicada por Peretz, Champod e Hyde no ano de 2003. Baseia-se no modelo neurocognitivo da perceção e memória musical (Peretz & Coltheart, 2003) onde a informação acústica que é recebida, se encontra organizada entre dois sistemas

independentes (melódico e o temporal) que procedem de forma simultânea. Esta bateria permite o diagnóstico dos diferentes tipos de amusia e tem o objetivo de avaliar seis componentes do processamento musical, que surgem naturalmente no ser humano e que estão introduzidos no modelo neuropsicológico de processamento cognitivo musical: Contorno, Escala, Intervalo, Ritmo, Métrica e Memória Musical.

O teste contorno avalia a percepção de uma forma global de uma melodia criada a partir de sequências de direção do tom (ascendente e descendente) da melodia. O teste de escala avalia a codificação tonal de uma melodia que está relacionada às funções tonais e estruturas harmônicas. O teste de intervalo avalia a percepção de distâncias entre dois tons sucessivos e está relacionado ao processamento analítico do domínio melódico. O teste de Ritmo avalia a percepção do agrupamento de eventos relacionados à dimensão temporal de uma melodia em relação à proximidade temporal de sons consecutivos sem considerar a sua periodicidade. O teste de métrica avalia a percepção global do domínio da música temporal em relação à regularidade temporal ou pulso de uma melodia. Por último, o teste de memória avalia o reconhecimento de frases musicais após o armazenamento implícito. (Peretz, Champod & Hyde, 2003). Trata-se de um teste de memória incidental, uma vez que os sujeitos não são informados antecipadamente de que irão realizar um teste de reconhecimento das melodias ouvidas (Peretz, Champod & Hyde, 2003).

Os estímulos da MBEA consistem em 30 frases musicais originais para cada teste, as quais foram compostas de acordo com o sistema tonal ocidental totalizando 180 itens. O material musical foi propositadamente composto com a complexidade suficiente de forma a garantir que cada excerto é processado como uma frase musical com significado, e não apenas uma simples sequência de tons. Cada excerto tem uma duração entre 3,8 e 6,4 segundos, exceto no teste de métrica em que os estímulos têm o dobro da duração.

Para a avaliação do Contorno, os itens são melodias idênticas apresentadas aos pares. Metade dos itens tem uma nota alterada na segunda melodia de acordo com a direção do tom (ascendente para descendente e vice-versa), enquanto a outra metade dos pares permanece inalterada. O intervalo e a escala das melodias permanecem inalterados. As frases modificadas e não modificadas são dispersas de forma pseudoaleatória num total de 30 itens. A tarefa do sujeito é identificar se uma das frases é modificada ou não. O teste de intervalo é semelhante ao teste de contorno, mas a nota é alterada nos itens modificados de acordo com a extensão da altura em relação a uma nota anterior (em termos de distância de semitom), mantendo a escala e contorno originais. No teste de

Escala, as manipulações dos itens modificados consistem em modificar o tom fora da escala, mantendo o contorno melódico original. No teste de Ritmo, os agrupamentos por proximidade temporal são manipulados, alterando as durações de dois tons adjacentes enquanto a mesma métrica e número total de sons, são mantidos.

Para estas quatro primeiras tarefas, existe um item adicional estratégico (o teste *catch*) que têm que ser respondidos corretamente para que todas as outras respostas fossem consideradas. Este item contém pares de melodias que são nitidamente diferentes, para determinar se o indivíduo permanece atento durante a sessão.

No teste da métrica, metade das frases foi composta por uma métrica dupla e a outra metade por uma métrica tripla. Os sujeitos têm que fazer a discriminação e categorizar se estão a ouvir uma marcha (binário) ou uma valsa (ternário) ao longo de 30 sequências melódicas expostas, uma de cada vez. Já a última tarefa, avalia a memória musical por meio de um teste de reconhecimento, onde solicitamos os sujeitos a declarando se as ouviram ao longo da aplicação ou não a melodia que será tocada. Das frases que são apresentadas, 15 estão presentes em tarefas anteriores e são intercaladas com outras 15 novas melodias.

No global das tarefas, deve atribuir-se um ponto para cada resposta correta. As pontuações individuais geradas pelas seis tarefas devem ser calculadas para alcançar uma classificação geral (índice global). Pretendemos comparar o desempenho geral dos grupos nas tarefas de percepção melódica e rítmica, bem como na pontuação global.

Procedimentos

Primeiramente, entrámos em contacto com os responsáveis de várias instituições, explicando em que consistia o presente trabalho, especificando todos os procedimentos que seriam necessários. De seguida, o pedido à elaboração do estudo foi a aprovado pelo parecer da Comissão de Ética da Universidade Católica Portuguesa. Com esta aprovação, conseguiu-se de igual forma a autorização por parte das entidades colaboradoras para que se realizasse o estudo e demos início à divulgação da recolha entre os seus elementos. Foram agendadas diversas sessões coletivas, conforme o número de inscrições recebidas. Apesar de serem realizadas em diferentes locais, as condições de aplicação foram sempre idênticas – em grupo e num espaço sem interferências ou distrações.

Aquando das sessões, compostas por pequenos grupos de 2 a 5 elementos, foi assinado o consentimento informado (anexo I), no qual se encontram presentes todas as

questões relativas à confidencialidade e proteção dos dados fornecidos, à análise de riscos/benefícios de participação e está também presente um código de participante através do qual o mesmo será identificado nos restantes procedimentos.

Após a clarificação do objetivo e importância do presente estudo, procedemos simultaneamente ao esclarecimento de possíveis dúvidas por parte dos participantes. Seguiu-se o preenchimento de um questionário sociodemográfico (idade, sexo, escolaridade, nacionalidade) juntamente com outras informações relevantes quanto à respetiva experiência pessoal e profissional (desde que idade pratica a modalidade, com que frequência ouve música no dia a dia, entre outras).

Posteriormente, procedemos à aplicação do instrumento descrito na secção anterior, por meio do material de som existente (colunas portáteis). Na sua totalidade, cada sessão teve a duração de sensivelmente 55 minutos, tendo esta duração variado ligeiramente conforme a introdução inicial e eventuais pausas de descanso entre tarefas. Verificamos a codificação numérica de cada participante no fim de todas as aplicações.

Análise Estatística

Inserimos na base de dados previamente preparada no *software* de análise IBM SPSS Statistics for macOS, versão 26 (IBM Corp., Armonk, N.Y, USA). Procedeu-se ao tratamento estatístico dos dados neste mesmo programa e consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo *p-value* foi inferior a $\alpha = .05$.

Primeiramente recorremos à análise descritiva das variáveis, mais precisamente a medidas de tendência central e de dispersão. De seguida realizámos análises correlacionais com o Coeficiente de Pearson. Com o objetivo último da comparação entre grupos, na análise inferencial utilizamos o teste paramétrico ANOVA *one way*, sempre que os pressupostos da normalidade foram verificados, através do teste de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965); dos valores absolutos de assimetria (*sk*) e de achatamento (*ku*) inferiores a dois. O pressuposto da homocedasticidade de variâncias foi verificado com recurso ao teste de Levene (1960). A dimensão do efeito foi avaliada pelo η^2P e sempre que rejeitadas as hipóteses nulas, a comparação múltipla de médias para analisar as diferenças existentes foi realizada com o teste *post-hoc* HSD de Tukey.

Na presença de variâncias heterogéneas, utilizámos o mesmo teste paramétrico com correção de Welch por ser o método inferencial mais potente neste cenário, recorrendo posteriormente ao teste *post-hoc* T3 Dunnett.

Quando se verificaram violações em ambos os pressupostos, de normalidade e homocedasticidade, recorreremos à alternativa não-paramétrica, o teste de Kruskal-Wallis, seguindo-se da comparação múltipla das ordens com o teste LSD de Fisher, para identificar em qual ou quais grupos as distribuições são significativamente diferentes, como descrito em Marôco (2021).

Parte III

Resultados

Iniciamos esta secção pela análise descritiva das variáveis sociodemográficas dos participantes com diferentes práticas (tabela 1). Quanto à análise inferencial destas variáveis, a idade não foi significativamente diferente entre grupos [$F(3,116)= 2,452$; $p=.067$], assim como também não foram encontradas diferenças significativas entre grupos, para os anos de escolaridade [$F(3,166)= 2,353$; $p=.076$]. O sexo dos participantes foi independente do tipo de prática adicional ($Phi = .116$; $p= .658$) e homogéneo nos grupos em estudo [$\chi^2(3)= 1.607$; $p= .658$].

Tabela 1.

Variáveis sociodemográficas entre grupos

		Idade	Escolaridade		
Música (n=30)	M	23,70	14,80		
	DP	4,25	2,31		
	MIN	19	9		
	MAX	30	19		
Dança (n=30)	M	23,90	14,10		
	DP	3,05	1,88		
	MIN	18	12		
	MAX	32	17		
Desporto (n=30)	M	21,83	13,93		
	DP	3,53	1,72		
	MIN	18	12		
	MAX	31	17		
Controlo (n=30)	M	22,63	15		
	DP	2,38	1,41		
	MIN	18	12		
	MAX	27	17		
		$F(3,116)= 2,452$; $p=.067$	$F(3,166)= 2,353$; $p=.076$		
Total (n=120)	M	23,02	14,46		
	DP	3,44	1,89		
	MIN	18	9		
	MAX	32	19		
		$F(3,116)= 2,452$; $p=.067$	$F(3,166)= 2,353$; $p=.076$		
		Feminino		Masculino	
		F	%	F	%
Sexo					
Música		15	23.4	15	26.8
Dança		19	29.7	11	19.6
Desporto		15	23.4	15	26.8
Controlo		15	23.4	15	26.8
		$\chi^2(3)= 1.607$; $p=.658$			
Total		64	53.5	56	46.7

De seguida, analisamos descritivamente as pontuações obtidas nos subtestes da MBEA entre os diferentes grupos.

Tabela 2.

Estatística descritiva para os subtestes da MBEA por grupos

Prática Adicional		Escala	Contorno	Intervalo	Ritmo	Métrica	Memória	Índice Global
Música (n=30)	M	27,73	27,87	28,57	27,83	26,60	28,67	28,38
	DP	0,30	0,24	0,24	0,24	0,15	0,24	0,17
	VAR	2,75	1,71	1,70	1,73	0,66	1,68	0,82
	MIN	25	26	25	25	27	26	26,33
	MAX	30	30	30	30	30	30	30,00
Dança (n=30)	M	27,43	27,83	26,97	28,20	27,40	28,10	27,99
	DP	0,36	0,28	0,37	0,28	0,20	0,30	0,18
	VAR	3,98	2,28	4,17	2,30	1,14	2,78	1,02
	MIN	23	23	22	23	26	25	26,17
	MAX	30	30	30	30	30	30	29,83
Desporto (n=30)	M	26,73	25,60	24,47	26,20	25,10	27,53	25,95
	DP	0,44	0,51	0,41	0,44	0,68	0,37	0,29
	VAR	5,79	7,77	4,95	5,68	13,68	4,19	2,49
	MIN	20	18	18	18	16	20	23,33
	MAX	30	29	28	30	30	30	29,33
Controlo (n=30)	M	23,07	23,17	21,83	23,63	20,93	25,60	23,04
	DP	0,54	0,55	0,67	0,50	0,82	0,54	0,36
	VAR	8,89	9,18	13,59	7,48	20,20	8,59	3,95
	MIN	16	17	15	18	11	17	19,83
	MAX	28	29	28	29	29	30	27,67

Observa-se na tabela 2, que o grupo com melhores desempenhos no índice global são os músicos (M=28.38), seguindo-se os bailarinos (M=27.99), os desportistas (M=25.95) e por último, o grupo de controlo (M=23.04). Esta mesma ordem mantém-se nos subtestes de escala, contorno, intervalo e memória. No entanto, por ténues diferenças nos valores, é o grupo de bailarinos quem lidera o melhor desempenho médio nos subtestes de métrica (M=27.40) e ritmo (M=28.20), ficando os músicos logo atrás destes.

O grupo de controlo é o que possui os piores desempenhos em todos os subtestes da bateria, mas a sua realização mais fraca foi na tarefa métrica (M=20.93) e a melhor foi alcançada na de memória (M=25.60). Seguiram-se os praticantes de desporto, que por sua vez obtiveram os seus menores valores na tarefa de intervalo (M=24.47) e os maiores, também na tarefa de memória (M=27.53).

De uma perspectiva oposta, entre os grupos com melhores desempenhos na MBEA, o valor mais fraco dos participantes com prática adicional em música, está presente na tarefa métrica (M=26.60); e no grupo constituído por bailarinos, a tarefa mais fraca revelou-se a de intervalo (M=26.97). Os subtestes onde existem maiores discrepâncias são o de intervalo, entre o grupo de controlo (M=21.83) e os músicos (M=28.57); seguido da métrica, entre o grupo de controlo (M=20.93) e os bailarinos (M=27.40).

Com base na presente análise, podemos ainda ver que, globalmente, houve uma sobreposição entre os resultados entre os quatro grupos, visto que o valor máximo (MÁX.=30) foi geral a todos, em pelo menos um subtestes.

Análise Inferencial

No **índice global** das tarefas da MBEA, os pressupostos da normalidade verificaram-se presentes nos quatro grupos: músicos [SW(30)=.969; p=.524], bailarinos [SW(30)=.967; p=.411], desportistas [SW(30)=.975; p=.681] e controlos [SW(30)=.960; p=.307]. No entanto, as variâncias revelaram-se heterogéneas [W(3,116)=9.132; p<.001] e como tal recorreu-se à ANOVA com correção de Welch. Este teste revelou diferenças significativas entre grupos [F(3, 116)= 70.146; p<.001; η^2_p =.985; π = 1]. As comparações múltiplas de T3 Dunnet, evidenciaram diferenças estatisticamente significativas em todos os grupos, sendo a única exceção, entre músicos e bailarinos (p=.528).

A significância do tipo de prática adicional sobre o desempenho na tarefa **escala**, foi avaliada através de Análises da Variância Univariada (ANOVA *one-way*) após a verificação dos pressupostos da normalidade para o grupo de controlo [SW(30)=0.937; p=0.077] e entre os praticantes de desporto [SW(30)= .941; p=.098]. Com recurso aos valores de assimetria e achatamento para os praticantes de música (Sk=.223; Ku=1.087) e dança (Sk=.482; Ku=.761), percebemos que estes não indicam desvios severos à normalidade e também presente, revelou-se a homocedastidade com o teste de Levene [W(3,116)=1.751; p=.161]. Foi possível então concluir que existem diferenças significativas entre grupos na tarefa Escala [F (3, 116)= 26.092; p=.001; η^2_p = .403; π = 1], onde o efeito observado apresenta uma dimensão e potência de teste elevada. Análises *post-hoc HSD Tukey*, permitiram verificar que as diferenças estatisticamente significativas (p<.001) ocorriam entre o grupo de controlo e todos os restantes grupos com prática adicional (música, dança e desporto).

Tabela 3.*Valores de significância ANOVA e Kruskal-Wallis*

MBEA	F	<i>P</i> (entre grupos)	η^2_P	Π
Índice global	70.146*	.000	.985	1
Escala	26.092	.001	.403	1
Contorno	28.625	.001	.425	1
Intervalo	46.027*	.000	.953	1
	X^2_{KW}	<i>p</i>		
Ritmo	48.871	.000		
Métrica	78.291	.000		
Memória	27.045	.000		

* com correção de Welch para variâncias heterogenias.

A significância do tipo de prática adicional sobre o desempenho na tarefa **contorno**, foi avaliada com uma ANOVA *one-way* com correção de Welch, pois não se pôde assumir a homogeneidade das variâncias [$W(3,116)=7.931; p=.001$] e apenas foi possível validar os pressupostos da normalidade no grupo de controlo [$SW(30)=.969; p=.511$], onde os valores de assimetria e achatamento para os restantes grupos, também não revelaram problemas de assimetria graves que justificassem a utilização de medidas corretivas para a violação do pressuposto de normalidade. Concluímos que existem diferenças significativas nos desempenhos do subteste contorno entre grupos [$F(3, 116)=28.625; p=.001; \eta^2_P = .425; \pi=1$] e testes *post hoc* permitiram verificá-las, detalhadamente entre o grupo de controlo e todos os restantes grupos; entre o grupo de desportistas e todos os restantes grupos; por sua vez, só não foram encontradas diferenças significativas entre músicos e bailarinos ($p=1$).

A significância do tipo de prática adicional sobre o desempenho no subtestes de **intervalo**, foi analisada com recurso à ANOVA com correção de Welch. Após se proceder à verificação dos pressupostos da normalidade para o grupo de controlo [$SW(30)=0.949; p=.157$] e praticantes de dança [$SW(30) = 0.946; p = .136$], os valores de assimetria e achatamento para os praticantes de música ($Sk=.905; Ku=.528$) e de desporto ($Sk=1.141; Ku=1.626$), também não assinalam desvios severos à normalidade. No entanto, o pressuposto da homogeneidade das variâncias não é cumprido [$W(3,116)=7.788; p=.001$]. Assumiram-se presentes diferenças entre o teste de Intervalo

e a prática adicional dos participantes [$F(3, 116) = 46.027$; $p < .001$; $\eta^2_p = .953$; $\pi = 1$]. Confirmaram-se diferenças estatisticamente significativas entre todos os grupos.

No subteste de **ritmo**, não foi possível validar o pressuposto da normalidade em todos os grupos e as variâncias revelaram-se heterogêneas [$W(3,116) = 4.610$; $p = .004$]. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis, existem diferenças significativas [$X^2_{KW}(3) = 48.871$; $p < .001$; $N = 120$]. E segundo as comparações por método *parwise* de grupos, o tipo de prática adicional afeta significativamente o desempenho entre todos os grupos: controlo – desporto; controlo – dança; controlo – música; desporto – dança; desporto – música. Sendo a única exceção, o grupo de músicos e bailarinos ($p = 0.386$).

Também no subteste que avalia a percepção **métrica**, os pressupostos da normalidade entre grupos e da homogeneidade [$W(3,116) = 22.267$; $p < .001$] não se cumpriram. Confirmou-se com o teste Kruskal-Wallis, não paramétrico equivalente, que existiam diferenças entre grupos [$X^2_{KW}(3) = 78.291$; $p < .001$; $N = 120$] e tal como no subteste anterior, as comparações revelaram que a presença de diferenças significativas entre o grupo de controlo – desporto; controlo – dança; controlo – música; desporto – dança; desporto – música. Só não existem diferenças significativas entre o grupo de praticantes de música e dança ($p = 0.724$).

Na prova de **memória**, não se verificando uma distribuição normal juntamente com variâncias heterogêneas [$W(3,116) = 3.623$; $p = .015$], recorremos ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, que demonstrou a existência de diferenças [$X^2_{KW}(3) = 27.045$; $p < .001$; $N = 120$]. Testes de Post-Hoc permitem verificar que estas diferenças ocorrem entre o grupo de controlo e os restantes ($p = .006$) e entre os praticantes de desporto e os de música ($p = .026$). Ou seja, só não se verificaram diferenças significativas entre os praticantes de desporto com os de dança ($p = .317$) e entre os praticantes de música com os de dança ($p = .222$).

Análise Correlacional

De modo a analisar as associações entre as variáveis em estudo, e com o objetivo de compreender a intensidade e direção da relação entre elas, recorremos de seguida a uma análise correlacional, através do Coeficiente de *Pearson*. O critério de interpretação presente é o sugerido por Marôco (2014) onde considerações correlações (i) fracas, quando o valor absoluto de r é < 0.25 ; (ii) moderadas, quando r se verifica entre $0.25 \leq$ e

< 0.50; (iii) fortes, quando r se encontra entre $0.50 \leq r < 0.75$; e consideram-se correlações muito fortes se $r \geq 0.75$.

Tabela 4.

Análises correlacionais entre variáveis

	Escala	Contorno	Intervalo	Ritmo	Métrica	Memória	Global
<i>Correlação de Pearson</i>							
Anos de prática da atividade	.070	.236*	.323**	.175	.247**	.072	.253*
Nº de horas semanais praticadas	.094	.296**	.460**	.260**	.493**	.131	.442**
Idade de Início	.039	-.169	-.326**	-.162	-.177*	-.172	-.235*

Nota. * $p < .05$ ** $p < .01$

Entre os grupos com diferentes práticas verificámos a presença de correlações positivas e moderadas entre o número de horas semanais praticadas com o desempenho global da MBEA ($r = .44$; $p < .001$); entre o número de horas semanais praticadas com o desempenho na tarefa de contorno ($r = .30$; $p = .002$); do número de horas semanais praticadas com a tarefa de intervalo ($r = .46$; $p < .001$); do número de horas semanais praticadas com a tarefa de ritmo ($r = .26$; $p = .007$) e por fim no número de horas semanais praticadas com o subtestes da métrica ($r = .50$; $p = .007$).

Existem ainda a reportar duas correlações negativas e fracas, entre a idade em que começaram a atividade, com o índice global da MBEA ($r = -.24$; $p = .013$) e com a tarefa métrica ($r = -.18$; $p = .048$). E, uma correlação negativa e moderada entre a idade de começo com a tarefa intervalo ($r = -.33$; $p = .001$).

Parte IV

Discussão

Com o findar dos resultados, segue-se a discussão e análise sobre os mesmos, com base no enquadramento teórico realizado anteriormente, os objetivos e as hipóteses traçadas para este estudo. O presente estudo é de carácter exploratório e pretende investigar se percepção melódica e percepção rítmica da música, são influenciadas por diferentes experiências de aprendizagem musical e física/corporal. Com o objetivo principal centrado em compreender o impacto que o treino físico, decorrente das atividades praticadas (com e sem aprendizagem musical implícita), tem na capacidade de processamento musical.

A bateria que usámos como instrumento para esta investigação é baseada no modelo neurocognitivo de processamento musical (Peretz, Champod & Hyde, 2003) e defende que a mesma avalia apenas um constructo biologicamente determinado. Porém, resultados recentes sugerem que estas mesmas competências avaliadas pela MBEA, são passíveis de serem influenciadas pelo treino musical e pela sua aprendizagem formal (Houghton, 2021). O motivo pelo qual isto se verifica é uma questão em aberto que foi amplamente debatida em Houghton (2021). Ter treino formal em música, tem impacto na estrutura da massa cinzenta nas áreas pré-motoras e motoras suplementares (Chaddock-Heyman et al., 2021). Vimos que pessoas com treino musical também mostram melhor percepção temporal, em comparação às pessoas sem este treino, com diferenças subjacentes concomitantes na conectividade funcional entre as áreas pré-motoras e estriadas (Grahn & Rowe, 2009; Houghton, 2021).

Assim, foi formulada e confirmada a primeira hipótese estipulada no presente trabalho (H1) “*A aprendizagem musical, tem um impacto benéfico no processamento das componentes melódicas e temporais da percepção musical*”. Observámos médias superiores e diferenças significativas, entre o grupo de músicos e o grupo de controlo em todos os testes da MBEA. Estes resultados vão de união aos estudos anteriormente desenvolvidos, e reforçam a conclusão de Houghton (2021) que o desempenho nos testes que constituem a bateria, é influenciado pela aprendizagem musical explícita.

Como vimos na primeira parte deste trabalho, o desejo de se mover espontaneamente para a música é já um fenómeno antigo (Huron, 2003). A música influencia-nos e causa movimentos espontâneos desde bebés (Zentner & Eerola, 2010). Esta capacidade de sincronizar com estímulos auditivos externos é defendida por alguns autores como inata (Trehub, 2003). Tanto a psicologia quanto a neurociência, enfatizam

o papel dos impulsos inatos, na contínua procura por estruturas padrão que permitam a imposição de significado ao processo perceptivo (Thaut, 2008).

Sabemos que as ligações auditivo-motoras são aprimoradas com a prática motora (Haslinger et al., 2005) e Nozaradan et al., (2016) demonstrou que o envolvimento motor pode melhorar a percepção temporal auditiva em adultos. Pelas razões acima descritas foi importante explorar primeiramente as relações entre o treino físico e a percepção musical. Portanto, no que diz respeito à segunda hipótese (H2) – *“A prática desportiva (movimento corporal) tem um impacto benéfico no processamento da percepção musical”* também se confirma, pois, efetivamente, verificámos diferenças significativas nos desempenhos entre os desportistas e o grupo de controlo, em todas as tarefas da MBEA.

O movimento com a música pode facilitar o comportamento pró-social e o vínculo ao longo do desenvolvimento, a capacidade de se mover em sincronia e de imitar o comportamento dos outros é um aspeto fundamental da aprendizagem (Lepage & Théoret, 2007). O efeito da música no movimento tem implicações importantes na prática clínica, está comprovado que apoia o controlo motor e a comunicação emocional em várias populações, como crianças com Perturbações do Espectro do Autismo e adultos com doença de Parkinson. Sendo que a dança envolve áreas do cérebro implicadas no movimento (especialmente o movimento rítmico) é evidentemente que a sua prática requer um treino físico idêntico aos desportistas agregada a uma exigência rítmica implícita e idêntica aos músicos. Então, no que concerne à terceira hipótese (H3) – *“A aprendizagem musical implícita agregada ao movimento corporal (treino físico), tem um impacto benéfico no processamento das componentes melódicas e rítmicas da percepção musical.”* também esta se confirmou, pois verificámos diferenças significativas nos desempenhos entre os bailarinos e o grupo de controlo, em todas as tarefas da MBEA.

Na maioria das culturas, música e dança evoluíram juntas (Nettl, 2005) e ainda hoje, existem culturas que não possuem palavras separadas para música e dança (Thompson, 2014). Com base em investigações anteriores que defendem que os movimentos de um bailarino englobam características espaciais e temporais (Calvo-Merino et al. 2008) e que mover-se juntamente com a batida de um ritmo poderia alterar a forma como esse ritmo é percebido (Burzynska et al., 2017; Karpati et al., 2018; Leman & Maes, 2015) era expectável que o treino em dança (que por sua vez possui treino implícito da métrica devido à sua corporalização) promove-se diferenças significativas na percepção das competências temporais da música. Neste sentido, foi

formulada a quarta hipótese estipulada no presente trabalho, de que (H4) – “*o treino musical e corporal presente nos bailarinos, favorece o processamento temporal da música*”. No entanto, tal não se verificou. Apesar de na análise descritiva do instrumento, a média de desempenhos nos testes de ritmo e métrica se revelarem, de forma delgada, melhores em bailarinos do que nos músicos, na análise inferencial de comparação entre estes grupos, a diferença não é notada. Com isto, pode entender-se que apesar das redes substratos neurais partilhados (Dhami, Moreno & DeSouza, 2015) e da possibilidade da facilitação da métrica incorporada (Leman & Maes, 2015), a noção corporal não introduz uma diferença significativa na perceção das componentes temporais. Ainda assim, é importante ter-se em consideração que a pequena dimensão da amostra, pode justificar a falha de diferenças significativas na análise inferencial.

Houghton (2021) relatou ainda uma associação positiva do desempenho dos músicos com os anos de instrução, algo que vai de encontro aos resultados presentes neste estudo a significância das correlações positivas entre os anos de instrução musical formal do grupo de músicos com o desempenho em todos os testes da MBEA. Reforçam-se assim os dados de que a aprendizagem musical, exerce continuamente a sua influência no desempenho da bateria, à medida que aumenta a sua duração (Houghton, 2021) indicando assim que diferenças encontradas, não se devem meramente a predisposições musicais. Também acompanhamos que os anos de prática no geral (de músicos, bailarinos e desportistas) quando aumentam, promovem melhores desempenhos no índice global da MBEA, no teste de métrica, no intervalo e no contorno. Curiosamente, não houve uma relação significativa entre os anos de prática da atividade com o subteste de ritmo. Houghton (2021) já havia reportado a existência de menores diferenças entre músicos e não músicos neste mesmo subteste, justificando que talvez seja a componente mais biológica das apresentadas na bateria.

Quanto à questão exploratória de se “*existe relação estatisticamente significativa entre a idade inicial da prática com o desempenho nas diferentes tarefas?*” vimos no nosso estudo que a média de início é dos 7 anos e que à medida que esta idade de começo aumenta, o desempenho global da MBEA, da tarefa de intervalo e da tarefa métrica diminuem. Ou seja, isto vai de acordo com a literatura que defende os efeitos da neuroplasticidade, que nos diz que idade inicial da aprendizagem é capaz de moldar o nosso cérebro. Por exemplo, músicos cujo aprendizagem começou antes dos sete anos de idade sincronizam-se com maior precisão aos estímulos auditivos e visuais, do que

músicos cujo início ocorreu após os sete anos (Bailey & Penhune, 2010; Watanabe, Savion-Lemieux & Penhune, 2007). A percepção do ritmo é uma habilidade importante para miríades de domínios, e como tal a ubiquidade da informação rítmica no nosso ambiente quotidiano realça a importância de desenvolver capacidades de processamento rítmico numa fase precoce do desenvolvimento.

É de consenso geral que a intensidade do treino, tanto desportivo como musical, tem influência sobre a interpretação do seu desempenho geral na sua atividade, quer enquanto músicos, bailarinos ou atletas. São conhecidas inclusive, alterações em estruturas cerebrais dos músicos e bailarinos consoante o número de horas praticadas (Bengtsson et al., 2005). Quanto à questão se *“existe relação estatisticamente significativa entre o número de horas semanais praticadas e o desempenho nas diferentes tarefas?”* observámos que sim, que existem correlações positivas e moderadas que nos transmitem que quanto maior é o número de horas praticadas, melhor é o desempenho nas tarefas de contorno, de intervalo, de ritmo e de métrica da MBEA. Existem resultados clínicos cada vez mais construtivos em relação aos benefícios do treino cognitivo (Bernini et al., 2021) e também, dados interessantes sobre o treino destas competências musicais com melhorias induzidas pela intensidade do mesmo (cf. Whiteford & Oxenham, 2019).

Um dos maiores desafios na compreensão da funcionalidade cerebral, é explicar como é que a percepção é experienciada a partir das entradas sensoriais ambíguas, que se encontram em constante mudança. Tem sido proposto que o cérebro recorre à nossa experiência anterior, para instanciar expectativas – que por sua vez interagem dinamicamente com o *input* que chega até nós, para a percepção (Holdgraf et al., 2016; de Lange et al., 2018). Em particular, o histórico do estímulo, ou seja, o contexto recente desempenha um papel fundamental no apoio à percepção (Snyder et al., 2015). Como é possível saber assim, embora a capacidade de sincronizar movimentos com uma batida auditiva não exija treino ou prática, sabemos que a experiência musical é útil na sua percepção (Ehrlé & Samson, 2005) e não é inesperado que maior exposição à música se relacione positivamente com melhores desempenhos.

Reconhecendo a influência que a educação formal tem no desempenho de instrumentos de avaliação das funções cognitivas (Lezak, Howieson, Bigler & Tranel, 2012), procedeu-se à associação da mesma, todavia não se verificaram correlações significativas entre os anos de escolaridade dos participantes e o desempenho nas tarefas de percepção musical.

Em suma, ao comparar o desempenho na MBEA por parte de músicos, desportistas e bailarinos com sujeitos sem qualquer prática adicional nestas atividades verificámos um efeito estatisticamente significativo do tipo de prática, sobre o desempenho de componentes melódicas e temporais da perceção musical. O que nos diz que efetivamente há um impacto do treino físico e musical sobre o processamento neural da música. Os desempenhos nestas tarefas de perceção musical estão relacionados, de facto, com número de horas semanais praticadas, pela idade em que iniciaram a aprendizagem, pelos anos de prática e pela regularidade com que ouvem música. Por outro lado, não se encontraram evidências significativas que suportem a teoria de que a corporalização das características temporais da música promove a sua perceção de forma benéfica perante músicos. No entanto, conforme os resultados médios superiores obtidos pelos bailarinos na análise descritiva, não se deve excluir por completo essa possibilidade de que a execução dessa métrica, é favorecida pela corporalização.

Limitações do estudo

Como referido anteriormente, a literatura desta temática ainda é muito pouco conclusiva, pelo que se tornou pertinente fazer um levantamento das limitações do presente estudo de maneira a incentivar sempre um aperfeiçoamento. Pela especificidade da amostra e pelo facto de termos entrado em estado de emergência, devido à pandemia da COVID-19 (o que levou a um cancelamento de todas as recolhas de dados), a amostra usada para o desenvolvimento deste estudo foi reduzida, o que terá certamente afetado a robustez das análises estatísticas.

A metodologia de aplicação do instrumento, pode aqui ser considerada como uma limitação, visto que a mesma foi administrada em grupo, contrariamente ao à forma individual como sugerido por Peretz, Champod e Hyde (2003). Esta dinâmica, envolvendo maiores oportunidades de distração, pode ter influências negativas no desempenho final das tarefas. No entanto, estando o presente trabalho integrado num estudo de validação da MBEA para a população portuguesa, carece de uma amostra considerável.

Sugestões para estudos futuros

Além de um aumento do número da amostra ser ideal para resultados mais conclusivos, como sugestão futura, poderia ser interessante explorar as diferenças entre diferentes tipos de instrumentistas no grupo de músicos, notando se existe alguma associação com a família do instrumento que têm maior prática, formação e preferência. Assim como, no grupo de bailarinos, poderíamos ter em consideração os diferentes estilos de dança, averiguando as influências no desempenho das componentes da MBEA, consoante essa categorização mais específica. Visto que os atletas, treinam especificamente a estrutura rítmica corporal na corrida, seria também relevante que o grupo de desportistas, fosse unicamente constituído por praticantes de atletismo.

Para ter uma visão mais aprofundada sobre as dificuldades poderia ser útil uma codificação dos dados mais detalhada (item a item por exemplo) e para termos uma melhor consciência das diferenças individuais sobre a evolução destas competências, propomos igualmente estudos longitudinais. Que apesar da maior dificuldade prática de realização, possibilitam a averiguar a evolução sob diferentes condições e fatores, por exemplo: antes do início da aprendizagem e/ou do treino. E ainda, a aplicabilidade clínica deste.

Referências

- ANSI (2013) Acoustical Terminology. *Hearing*. New York: American National Standards Institute
- Amunts, K., Morosan, P., Hilbig, H. & Zilles, K. (2012). The Human Nervous System. Third Edition, JK Mai and G Paxinos (Eds.), pp. 186-232, Amsterdam: *Elsevier*.
- Amunts, K. & Zilles, K. (2012). Architecture and organizational principles of Broca's region. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(8), 418–426. doi: 10.1016/j.tics.2012.06.005
- Arafa, A., Eshak, E. S., Shirai, K., Iso, H. & Kondo, K. (2021). Engaging in musical activities and the risk of dementia in older adults: A longitudinal study from the Japan gerontological evaluation study. *Geriatrics and Gerontology International*, 21(6), 451–457. <https://doi.org/10.1111/ggi.14152>
- Bailey, J. A., & Penhune, V. B. (2010). Rhythm synchronization performance and auditory working memory in early- and late-trained musicians. *Experimental Brain Research*, 204(1), 91–101. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2299-y>
- Bek, J., Arakaki, A. I., Lawrence, A., Sullivan, M., Ganapathy, G., & Poliakoff, E. (2020). Dance and Parkinson's: A review and exploration of the role of cognitive representations of action. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.12.023>
- Bernini, S., Panzarasa, S., Barbieri, M., Sinforiani, E., Quaglini, S., Tassorelli, C., & Bottiroli, S. (2021). A double-blind randomized controlled trial of the efficacy of cognitive training delivered using two different methods in mild cognitive impairment in Parkinson's disease: preliminary report of benefits associated with the use of a computerized tool. *Aging clinical and experimental research*, 33(6), 1567–1575. <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01665-2>
- Benedetto, A., Morrone, M., & Tomassini, A (2020) The Common Rhythm of Action and Perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 32 (2), 187–200. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01436

- Benedetto, A., & Baud-Bovy, G. (2021). Tapping Force Encodes Metrical Aspects of Rhythm. *Frontiers in Human Neuroscience*, *15*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.633956>
- Bengtsson, S. L., Ullén, F., Ehrsson, H. H., Hashimoto, T., Kito, T., Naito, E., Forssberg, H., & Sadato, N. (2009). Listening to rhythms activates motor and premotor cortices. *Cortex*, *45*(1), 62–71. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.07.002>
- Bijsterbosch, J. D., Lee, K. H., Hunter, M. D., Tsoi, D. T., Lankappa, S., Wilkinson, I. D., & Woodruff, P. W. R. (2011). The role of the cerebellum in sub- and supraliminal error correction during sensorimotor synchronization: Evidence from fMRI and TMS. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(5), 1100–1112. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21506>
- Blake, E. C. & Cross, I. (2015). The Acoustic and Auditory Contexts of Human Behavior. *Current Anthropology*, *56*(1), 81–103. <http://10.1086/679445>
- Bliss, E. S., Wong, R. H., Howe, P. R., & Mills, D. E. (2021). Benefits of exercise training on cerebrovascular and cognitive function in ageing. *Journal of cerebral blood flow and metabolism*, *41*(3), 447–470. <https://doi.org/10.1177/0271678X20957807>
- Bogt, T. F. M., Vieno, A., Doornwaard, S. M., Pastore, M. & Van Den Eijnden, R. J. J. M. (2017). You're not alone: Music as a source of consolation among adolescents and young adults. *Psychology of Music*, *45*(2), 155–171. <https://doi.org/10.1177/0305735616650029>
- Bouwer, F. L., Burgoyne, J. A., Odijk, D., Honing, H., & Grahn, J. A. (2018). What makes a rhythm complex? The influence of musical training and accent type on beat perception. *PLoS ONE*, *13*(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190322>
- Burger, B., London, J., Thompson, M. R., & Toiviainen, P. (2018). Synchronization to metrical levels in music depends on low-frequency spectral components and tempo. *Psychological Research*, *82*(6), 1195–1211. <https://doi.org/10.1007/s00426-017-0894-2>

- Burger, B., Thompson, M. R., Luck, G., Saarikallio, S., & Toiviainen, P. (2013). Influences of Rhythm- and Timbre-Related Musical Features on Characteristics of Music-Induced Movement. *Frontiers in Psychology, 4*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00183>
- Burger, B., Thompson, M. R., Luck, G., Saarikallio, S. H., & Toiviainen, P. (2014). Hunting for the beat in the body: On period and phase locking in music-induced movement. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*(November). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00903>
- Burzynska, A. Z., Finc, K., Taylor, B. K., Knecht, A. M., & Kramer, A. F. (2017). The dancing brain: Structural and functional signatures of expert dance training. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00566>
- Callan, D. E., Tsytsarev, V., Hanakawa, T., Callan, A. M., Katsuhara, M., Fukuyama, H., & Turner, R. (2006). Song and speech: Brain regions involved with perception and covert production. *NeuroImage, 31*(3), 1327–1342. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.01.036>
- Cameron, D. J., Bentley, J., & Grahn, J. A. (2015). Cross-cultural influences on rhythm processing: Reproduction, discrimination, and beat tapping. *Frontiers in Psychology, 6*(MAR). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00366>
- Cameron, D. J., & Grahn, J. A. (2014). Neuroscientific investigations of musical rhythm. *Acoustics Australia*. Australian Acoustical Society.
- Cameron, D. J., & Grahn, J. A. (2016). The Neuroscience of Rhythm. *The Oxford Handbook of Music Psychology*, (May 2019), 357–368.
- Cameron, D. J., Stewart, L., Pearce, M. T., Grube, M., & Muggleton, N. G. (2012). Modulation of motor excitability by metricality of tone sequences. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain, 22*(2), 122–128. <https://doi.org/10.1037/a0031229>
- Campanelli, A., Rendace, L., Parisi, F., D'Antonio, F., Imbriano, L., de Lena, C., & Trebbastoni, A. (2016). Musical cognition in Alzheimer's disease: application

of the Montreal Battery of Evaluation of Amusia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1375(1), 28–37. <https://doi.org/10.1111/nyas.13155>

Carapellotti, A. M., Stevenson, R., & Dumas, M. (2020). The efficacy of dance for improving motor impairments, non-motor symptoms, and quality of life in parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*. Public Library of Science. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236820>

Carey, D., Rosen, S., Krishnan, S., Pearce, M. T., Shepherd, A., Aydelott, J. & Dick, F. (2015). Generality and specificity in the effects of musical expertise on perception and cognition. *Cognition*, 137, 81–105. doi: 10.1016/j.cognition.2014.12.005

Calvo-Merino, B., Jola, C., Glaser, D. E., & Haggard, P. (2008). Towards a sensorimotor aesthetics of performing art. *Consciousness and Cognition*, 17, 911-922.

Chen, J. L., Penhune, V. B., & Zatorre, R. J. (2008). Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain. *Cerebral Cortex*, 18(12), 2844–2854. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn042>

Cirelli, L. K., Bosnyak, D., Manning, F. C., Spinelli, C., Marie, C., Fujioka, T., & Trainor, L. J. (2014). Beat-induced fluctuations in auditory cortical beta-band activity: Using EEG to measure age-related changes. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00742>

Cirelli, L. K., Einarson, K. M., & Trainor, L. J. (2014). Interpersonal synchrony increases prosocial behavior in infants. *Developmental Science*, 17(6), 1003–1011. <https://doi.org/10.1111/desc.12193>

Cirelli, L. K., Trehub, S. E., & Trainor, L. J. (2018). Rhythm and melody as social signals for infants. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/nyas.13580>

Cirelli, L. K., Wan, S. J., Spinelli, C. & Trainor, L. J. (2017). Effects of interpersonal movement synchrony on infant helping behaviors: Is music necessary? *Music Perception*, 34(3), 319–326. <https://doi.org/10.1525/MP.2017.34.3.319>

- Clarke, E. F. (1999). Rhythm and Timing in Music. In *The Psychology of Music* (pp. 473–500). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-012213564-4/50014-7>
- Corbeil, M., Trehub, S. E. & Peretz, I. (2013). Speech vs. singing: infants choose happier sounds. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00372>
- Corrigall, K. A., & Trainor, L. J. (2014). Enculturation to musical pitch structure in young children: Evidence from behavioral and electrophysiological methods. *Developmental Science*, 17(1), 142–158. <https://doi.org/10.1111/desc.12100>
- Costa-Giomi, E. (2016). Infant home soundscapes: A case study of 11-month-old twins. *International Society for Music Education* 70-78
- Costa-Giomi, E. & Sun, X. (2016) Infants' home Soundscape: A Day in the Life of a Family. In *Contemporary Research in Music Learning Across the Lifespan* (pp. 99–108). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315625270-16>
- Cross, I. (2005). Music and Social Being. *Musicology Australia*, 114-126. <https://doi.org/10.1080/08145857.2005.10415281>
- Cross, I. (2007). Music and cognitive evolution - Handbook of Evolutionary Psychology. *University of Cambridge*.
- Cross, I. (2009). The evolutionary nature of musical meaning. *Musicae Scientiae*, 13(2), 179–200. <https://doi.org/10.1177/1029864909013002091>
- Cross, I. (2016). The nature of music and its evolution. In S. Hallam, I. Cross, & M. Thaut (Eds.), *The Oxford handbook of music psychology* (pp. 3–17). Oxford University Press.
- Damasio, A. R. (2000). A Second Chance for Emotion. *Cognitive Neuroscience of Emotion*, 12–23.
- Davis, M., Gendelman, D. S., Tischler, M. D., & Gendelman, P. M. (1982). A primary acoustic startle circuit: Lesion and stimulation studies. *Journal of Neuroscience*, 2(6), 791–805. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.02-06-00791.1982>

- De Pretto, M., & James, C. E. (2015). Principles of parsimony: fMRI correlates of beat-based versus duration-based sensorimotor synchronization. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 25(4), 380–391. <https://doi.org/10.1037/pmu0000122>
- Di Pietro, M., Laganaro, M., Leemann, B., & Schneider, A. (2004). Receptive amusia: Temporal auditory processing deficit in a professional musician following a left temporo-parietal lesion. *Neuropsychologia*, 42(7), 868–877. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.004>
- Doelling, K. B., & Poeppel, D. (2015). Cortical entrainment to music and its modulation by expertise. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(45), E6233–E6242. doi:10.1073/pnas.1508431112
- Dowling, W. J. (1978). Scale and contour: Two components of a theory of memory for melodies. *Psychological Review*, 85(4), 341–354. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.85.4.341>
- Dowling, W. J., & Fujitani, D. S. (1971). Contour, Interval, and Pitch Recognition in Memory for Melodies. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 49(2), 524–531. <https://doi.org/10.1121/1.1912382>
- Drake, C., Penel, A., & Bigand, E. (2000). Tapping in time with mechanically and expressively performed music. *Music Perception*, 18(1), 1–23. <https://doi.org/10.2307/40285899>
- Drost, U. C., Rieger, M., Brass, M., Gunter, T. C., & Prinz, W. (2005). Action-effect coupling in pianists. *Psychological Research*, 69(4), 233–241. <https://doi.org/10.1007/s00426-004-0175-8>
- Dunbar, R. I. M. (2004). Gossip in evolutionary perspective. *Review of General Psychology*. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.8.2.100>
- Eerola, T., Luck, G., Toiviainen, P., & others. (2006). An investigation of pre-schoolers' corporeal synchronization with music. In *Proceedings of the 9th International Conference on Music Perception & Cognition, Bologna* (pp. 472–476)

- Epstein, D. (1995). *Shaping time: Music, the brain, and performance*. New York, NY: Schirmer Books.
- Fessler, D. M. T., & Holbrook, C. (2014). Marching into battle: Synchronized walking diminishes the conceptualized formidability of an antagonist in men. *Biology Letters*, *10*(8). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2014.0592>
- Fitch, W. T. (2006). The biology and evolution of music: A comparative perspective. *Cognition*, *100*(1), 173–215. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.11.009>
- Fitch, W. T., & Rosenfeld, A. J. (2007). Perception and production of syncopated rhythms. *Music Perception*, *25*(1), 43–58. <https://doi.org/10.1525/mp.2007.25.1.43>
- Franěk, M., van Noorden, L., & Režný, L. (2014). Tempo and walking speed with music in the urban context. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01361>
- Freitas, C., Manzato, E., Burini, A., Taylor, M. J., Lerch, J. P., & Anagnostou, E. (2018). Neural Correlates of Familiarity in Music Listening: A Systematic Review and a Neuroimaging Meta-Analysis. *Frontiers in neuroscience*, *12*, 686. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00686>
- Friston, K. (2010). The free-energy principle: A unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience*. <https://doi.org/10.1038/nrn2787>
- Froud, K. E., Wong, A. C. Y., Cederholm, J. M. E., Klugmann, M., Sandow, S. L., Julien, J. P., & Housley, G. D. (2015). Type II spiral ganglion afferent neurons drive medial olivocochlear reflex suppression of the cochlear amplifier. *Nature Communications*, *6*. <https://doi.org/10.1038/ncomms8115>
- Fujioka, T., Trainor, L. J., Large, E. W., & Ross, B. (2012). Internalized timing of isochronous sounds is represented in neuromagnetic beta oscillations. *Journal of Neuroscience*, *32*(5), 1791–1802. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4107-11.2012>

- Gage, N., & Baars, B. (2018). Sound, Speech, and Music Perception. *Fundamentals of Cognitive Neuroscience*, 143–184. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803813-0.00005-2>
- Galinha, I. C., Farinha, M., Lima, M. L., & Palmeira, A. L. (2020). Sing4Health: protocol of a randomized controlled trial of the effects of a singing group intervention on the well-being, cognitive function and health of older adults. *BMC Geriatrics*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12877-020-01686-6>
- Gerry, D., Unrau, A., & Trainor, L. J. (2012). Active music classes in infancy enhance musical, communicative and social development. *Developmental Science*, 15(3), 398–407. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2012.01142.x>
- Gordon, R. L., Shivers, C. M., Wieland, E. A., Kotz, S. A., Yoder, P. J., & Devin Mcauley, J. (2015). Musical rhythm discrimination explains individual differences in grammar skills in children. *Developmental Science*, 18(4), 635–644. <https://doi.org/10.1111/desc.12230>
- Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in Cognitive Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.10.001>
- Grahn, J. A., & Brett, M. (2007). Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(5), 893–906. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.5.893>
- Grahn, J. A., & Rowe, J. B. (2009). Feeling the beat: Premotor and striatal interactions in musicians and nonmusicians during beat perception. *Journal of Neuroscience*, 29(23), 7540–7548. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2018-08.2009>
- Grahn, J. A., & Rowe, J. B. (2013). Finding and feeling the musical beat: Striatal dissociations between detection and prediction of regularity. *Cerebral Cortex*, 23(4), 913–921. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs083>
- Grahn, J. A., & Schuit, D. (2012). Individual differences in rhythmic ability: Behavioral and neuroimaging investigations. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 22(2), 105–121. <https://doi.org/10.1037/a0031188>

- Grassi, M., Meneghetti, C., Toffalini, E. & Borella E. (2017). Auditory and cognitive performance in elderly musicians and nonmusicians. *PLoS ONE* 12(11): e0187881. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187881>
- Guillot, A., & Collet, C. (2010). The neurophysiological foundations of mental and motor imagery. *The Neurophysiological Foundations of Mental and Motor Imagery* (pp. 1–320). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199546251.001.0001>
- Hagen, E. H., & Bryant, G. A. (2003). Music and dance as a coalition signaling system. *Human Nature*, 14(1), 21–51. <https://doi.org/10.1007/s12110-003-1015-z>
- Justus, T. C., & Bharucha, J. J. (2002). Music perception and cognition. In H. Pashler & S. Yantis (Eds.), *Steven's handbook of experimental psychology: Sensation and perception* (pp. 453–492). John Wiley & Sons Inc.
- Hannon, E. E., Schachner, A., & Nave-Blodgett, J. E. (2017). Babies know bad dancing when they see it: Older but not younger infants discriminate between synchronous and asynchronous audiovisual musical displays. *Journal of Experimental Child Psychology*, 159, 159–174. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.01.006>
- Hannon, E. E., & Trehub, S. E. (2005a). Tuning in to musical rhythms: Infants learn more readily than adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(35), 12639–12643. <https://doi.org/10.1073/pnas.0504254102>
- Hannon, E. E., & Trehub, S. E. (2005b). Metrical categories in infancy and adulthood. *Psychological Science*, 16(1), 48–55. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2005.00779.x>
- Hallam, S., Cross, I., & Thaut, M. (2016), *The Oxford handbook of music psychology*. Oxford University Press.

- Haslinger, B., Erhard, P., Altenmüller, E., Schroeder, U., Boecker, H., & Ceballos-Baumann, A. O. (2005). Transmodal sensorimotor networks during action observation in professional pianists. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*(2), 282–293. <https://doi.org/10.1162/0898929053124893>
- Hauelsen, J., & Knösche, T. R. (2001). Involuntary motor activity in pianists evoked by music perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *13*(6), 786–792. <https://doi.org/10.1162/08989290152541449>
- Honing, H., & Bouwer, F. L. (2019). Rhythm. In Rentfrow, J. & Levitin, D. (Eds.), *Foundations of Music Psychology: Theory and Research*. Cambridge, Mass.: MIT Press. ISBN 9780262039277.
- Honing, H., ten Cate, C., Peretz, I., & Trehub, S. E. (2015). Without it no music: Cognition, biology and evolution of musicality. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. Royal Society of London. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0088>
- Houghton, D. (2021). A influência da aprendizagem musical no desempenho da MBEA. [Tese de Mestrado] Universidade Católica Portuguesa.
- Humphries, K. (2010). Healing Sound: Contemporary Methods for Tibetan Singing Bowls. *Methods*.
- Huron, D. (2012). Understanding Music-Related Emotion: Lessons from Ethology. In E. Cambouropoulos, C. Tsougras, P. Mavromatis, & K. Pasiadis (Eds.), *Proceedings of the 12th International Conference on Music Perception and Cognition* (pp. 473–481). Thessaloniki, Greece.
- Hyde, K. L., Peretz, I., & Zatorre, R. J. (2008). Evidence for the role of the right auditory cortex in fine pitch resolution. *Neuropsychologia*, *46*(2), 632–639. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.09.004>
- Janata, P., Tomic, S. T., & Haberman, J. M. (2012). Sensorimotor coupling in music and the psychology of the groove. *Journal of Experimental Psychology: General*, *141*(1), 54–75. <https://doi.org/10.1037/a0024208>

- James, C. E., Michel, C. M., Britz, J., Vuilleumier, P., & Hauert, C. A. (2012). Rhythm evokes action: early processing of metric deviances in expressive music by experts and laymen revealed by ERP source imaging. *Human brain mapping*, *33*(12), 2751–2767. <https://doi.org/10.1002/hbm.21397>
- Karpati, F. J., Giacosa, C., Foster, N. E. V., Penhune, V. B., & Hyde, K. L. (2018). Structural covariance analysis reveals differences between dancers and untrained controls. *Frontiers in Human Neuroscience*, *12*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00373>
- Koelsch, S. (2010). Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends in Cognitive Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.01.002>
- Koelsch, S. (2012). Brain and Music. *Music Theory Spectrum*, *39*(2), 269–274. <https://doi.org/10.1093/mts/mtx013>
- Koelsch, S., & Siebel, W. (2005). Towards a neural basis of music perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *9*(12), 578–584. <http://10.1016/j.tics.2005.10.001>
- Koelsch, S., Vuust, P., & Friston, K. (2018). Predictive Processes and the Peculiar Case of Music. *Trends in Cognitive Sciences*. <https://10.1016/j.tics.2018.10.006>
- Koelsch, S. (2019). Music and the brain. In P. J. Rentfrow & D. J. Levitin (Eds.), *Foundations in music psychology: Theory and research* (pp. 407–458). The MIT Press.
- Kogan, N. (1997). Reflections on aesthetics and evolution. *Critical Review*, *11*(2), 193–210. <https://doi.org/10.1080/08913819708443453>
- Kung, S. J., Chen, J. L., Zatorre, R. J., & Penhune, V. B. (2013). Interacting cortical and basal ganglia networks underlying finding and tapping to the musical beat. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *25*(3), 401–420. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00325
- Kragness, H. E., & Trainor, L. J. (2018). Young children pause on phrase boundaries in self-paced music listening: The role of harmonic cues. *Developmental Psychology*, *54*(5), 842–856. <https://doi.org/10.1037/dev0000405>

- Lahav, A., Saltzman, E., & Schlaug, G. (2007). Action representation of sound: Audiomotor recognition network while listening to newly acquired actions. *Journal of Neuroscience*, 27(2), 308–314. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4822-06.2007>
- Large, E. W. (2008). Resonating to musical rhythm: theory and experiment. *Psychology of time* (pp. 189–231).
- Large, E. W., Herrera, J. A., & Velasco, M. J. (2015). Neural networks for beat perception in musical rhythm. *Front. Syst. Neurosci.* 9:159. doi: 10.3389/fnsys.2015.00159
- Laukka, P. (2007). Uses of music and psychological well-being among the elderly. *Journal of Happiness Studies*, 8(2), 215–241. <https://doi.org/10.1007/s10902-006-9024-3>
- Launay, J., Dean, R. T., & Bailes, F. (2014). Synchronising movements with the sounds of a virtual partner enhances partner likeability. *Cognitive Processing*, 15(4), 491–501. <https://doi.org/10.1007/s10339-014-0618-0>
- Leman, M. (2018). Embodied Music Cognition and Mediation Technology. *Embodied Music Cognition and Mediation Technology*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/7476.001.0001>
- Leman, M., & Maes, P. J. (2014). Music perception and embodied music cognition. In L. Shapiro (Ed.), *Routledge handbook of embodied cognition* (pp.81-89). New York, NY: Routledge
- Leman, M., & Maes, P.-J. (2015). The Role of Embodiment in the Perception of Music. *Empirical Musicology Review*, 9(3–4), 236. <https://doi.org/10.18061/emr.v9i3-4.4498>
- Leman, M., Moelants, D., Varewyck, M., Styns, F., van Noorden, L., & Martens, J. P. (2013). Activating and Relaxing Music Entrained the Speed of Beat Synchronized Walking. *PLoS ONE*, 8(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067932>

- Lenc, T., Merchant, H., Keller, P. E., Honing, H., Varlet, M., & Nozaradan, S. (2021). Mapping between sound, brain and behaviour: Four-level framework for understanding rhythm processing in humans and non-human primates. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. Royal Society Publishing. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0325>
- Lense, M. D., Ladányi, E., Rabinowitch, T. C., Trainor, L., & Gordon, R. (2021). Rhythm and timing as vulnerabilities in neurodevelopmental disorders. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. Royal Society Publishing. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0327>
- Leow, L. A., Parrott, T., & Grahn, J. A. (2014). Individual differences in beat perception affect gait responses to low- and high-groove music. *Frontiers in Human Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00811>
- Leow, L. A., Rinchon, C., & Grahn, J. (2015). Familiarity with music increases walking speed in rhythmic auditory cuing. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 53–61. <https://doi.org/10.1111/nyas.12658>
- Leveau, P., Daudet, L., & Richard, G. (2004). Methodology and tools for the evaluation of automatic onset detection algorithms in music. *Proc. Int. Symp. on Music Information Retrieval*, 72–75.
- Levitin, D. J., & Menon, V. (2003). Musical structure is processed in “language” areas of the brain: A possible role for Brodmann Area 47 in temporal coherence. *NeuroImage*, 20(4), 2142–2152. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.08.016>
- Levitin, D. J., & Tirovolas, A. K. (2009). Current advances in the cognitive neuroscience of music. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156, 211–231. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04417.x>
- Liégeois-Chauvel, C., Peretz, I., Babai, M., Laguitton, V., & Chauvel, P. (1998). Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing. *Brain*, 121(10), 1853–1867. <https://doi.org/10.1093/brain/121.10.1853cr>

- London, J., Polak, R., & Jacoby, N. (2017). Rhythm histograms and musical meter: A corpus study of Malian percussion music. *Psychonomic Bulletin and Review*, 24(2), 474–480. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1093-7>
- Madison, G. (2006). Experiencing groove induced by music: Consistency and phenomenology. In *Music Perception* 24, 201–208. <https://doi.org/10.1525/mp.2006.24.2.201>
- Maes, P., Leman, M., Palmer, C., & Wanderley, M. (2014). Action-based effects on music perception. *Frontiers in Psychology*, 4. <http://10.3389/fpsyg.2013.01008>
- Malmierca, M. S., Anderson, L. A., & Antunes, F. M. (2015). The cortical modulation of stimulus-specific adaptation in the auditory midbrain and thalamus: A potential neuronal correlate for predictive coding. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 9(MAR). <https://doi.org/10.3389/fnsys.2015.00019>
- Masters, R. S., Papineau, D., Shapiro, L. A., Spaulding, S., Hutto, D. D., Kirchoff, M. D., & Chemero, A. (2019). *Handbook of Embodied Cognition and Sport Psychology*. (ed) Cambridge, London: The MIT Press
- Manning, F., & Schutz, M. (2013). “Moving to the beat” improves timing perception. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(6), 1133–1139. doi:10.3758/s13423-013-0439-7
- Margulis, E. (2014). On repeat: how music plays the mind. *Choice Reviews Online*, 51(11), 51-6077-51–6077. <https://doi.org/10.5860/choice.51-6077>
- Matyja, J. R. (2016). Embodied music cognition: Trouble ahead, trouble behind. *Frontiers in Psychology*. Frontiers Research Foundation. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01891>
- McAuley, J. D., Jones, M. R., Holub, S., Johnston, H. M., & Miller, N. S. (2006). The time of our lives: Life span development of timing and event tracking. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135(3), 348–367. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.135.3.348>

- McAuley, J. D., Miller, N. S., & Janke, K. (2006). Detecting changes in timing: Evidence for two modes of listening. *The Proceedings of the 9th International Conference on Music Perception and Cognition*, 188–189.
- Mehr, S. A., & Krasnow, M. M. (2017). Parent-offspring conflict and the evolution of infant-directed song. *Evolution and Human Behavior*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2016.12.005>
- Mendonça, C., Oliveira, M., Fontes, L., & Santos, J. (2014). The effect of instruction to synchronize over step frequency while walking with auditory cues on a treadmill. *Human Movement Science*, 33(1), 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.11.006>
- Merchant, H., Grahn, J., Trainor, L., Rohrmeier, M., & Fitch, W. T. (2015). Finding the beat: A neural perspective across humans and non-human primates. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1664). <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0093>
- Merchant, H., Harrington, D. L., & Meck, W. H. (2013). Neural basis of the perception and estimation of time. *Annual Review of Neuroscience*. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062012-170349>
- Merchant, H., & Honing, H. (2014). Are non-human primates capable of rhythmic entrainment? Evidence for the gradual audiomotor evolution hypothesis. *Frontiers in Neuroscience*. doi: <https://doi.org/10.3389/fnins.2013.00274>
- Merchant, H., & Yarrow, K. (2016). How the motor system both encodes and influences our sense of time. *Current Opinion in Behavioral Sciences*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.01.006>
- Moore, B. (2008). *Speaking Our Language: The Story of Australian English*. Australia & New Zealand: Oxford University Press.
- Morillon, B., & Baillet, S. (2017). Motor origin of temporal predictions in auditory attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(42), E8913–E8921. doi:10.1073/pnas.1705373114

- Morrison, S. J., & Demorest, S. M. (2009). Cultural constraints on music perception and cognition. *Cultural Neuroscience: Cultural Influences on Brain Function*, 67–77. doi:10.1016/s0079-6123(09)17805-6
- Montague, E. (2018). Entrainment and Embodiment in Musical Performance. *The Oxford Handbook of Music and the Body*. <https://10.1093/oxfordhb/9780190636234.01>
- Nayagam, B. A., Muniak, M. A., & Ryugo, D. K. (2011). The spiral ganglion: Connecting the peripheral and central auditory systems. *Hearing Research*, 278(1–2), 2–20. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2011.04.003>
- Nettl, B. (2005). The study of ethnomusicology: thirty-one issues and concepts. *Choice Reviews Online*, 43(10), 43-5811. <https://doi.org/10.5860/choice.43-5811>
- Nozaradan, S., Peretz, I., & Keller, P. E. (2016). Individual Differences in Rhythmic Cortical Entrainment Correlate with Predictive Behavior in Sensorimotor Synchronization. *Scientific Reports*, 6(1). <http://doi.org/10.1038/srep20612>
- Nozaradan, S., Peretz, I., & Mouraux, A. (2012). Selective neuronal entrainment to the beat and meter embedded in a musical rhythm. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 32(49), 17572–17581. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3203-12.2012>
- Nozaradan, S., Schönwiesner, M., Caron-Desrochers, L., & Lehmann, A. (2016). Enhanced brainstem and cortical encoding of sound during synchronized movement. *NeuroImage*, 142, 231–240. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.07.015>
- Oxenham, A. (2016). Pitch: Perception and Neural Coding. *The Oxford Handbook of Music Psychology*, (May 2019), 3–32.
- Panksepp, J., & Bernatzky, G. (2002). Emotional sounds and the brain: The neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behavioural Processes*, 60(2), 133–155. [https://doi.org/10.1016/S0376-6357\(02\)00080-3](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(02)00080-3)
- Patel, A. D. (2008). Music, language, and the brain. *Oxford University Press*.

- Patel, A. D., & Iversen, J. R. (2014). The evolutionary neuroscience of musical beat perception: the Action Simulation for Auditory Prediction (ASAP) hypothesis. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8. doi:10.3389/fnsys.2014.00057
- Patterson, K. K., Wong, J. S., Knorr, S., & Grahn, J. A. (2018). Rhythm Perception and Production Abilities and Their Relationship to Gait After Stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 99(5), 945–951. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.01.009>
- Penhune, V. B. (2011). Sensitive periods in human development: Evidence from musical training. *Cortex*. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.05.010>
- Perani, D., Saccuman, M. C., Scifo, P., Spada, D., Andreolli, G., Rovelli, R., & Koelsch, S. (2010). Functional specializations for music processing in the human newborn brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(10), 4758–4763. <https://doi.org/10.1073/pnas.0909074107>
- Peretz, I. (1990). Processing of local and global musical information by unilateral brain-damaged patients. *Brain*, 113(4), 1185–1205. <https://doi.org/10.1093/brain/113.4.1185>
- Peretz, I., & Coltheart, M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*. <https://doi.org/10.1038/nm1083>
- Peretz, I., & Zatorre, R. J. (2005). Brain organization for music processing. *Annual Review of Psychology*. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070225>
- Phillips-Silver, J., & Keller, P. E. (2012). Searching for roots of entrainment and joint action in early musical interactions. *Frontiers in Human Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00026>
- Phillips-Silver, J., & Trainor, L. J. (2005). Psychology: Feeling the beat: Movement influences infant rhythm perception. *Science*, 308(5727), 1430. <https://doi.org/10.1126/science.1110922>

- Phillips-Silver, J., & Trainor, L. J. (2008). Vestibular influence on auditory metrical interpretation. *Brain and Cognition*, *67*(1), 94–102. doi: 10.1016/j.bandc.2007.11.007
- Pinker, S. (1997). Words and rules in the human brain. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/42347>
- Plack, C. J., Oxenham, A. J., Fay, R., Popper, A. N. (2005) Pitch: neural coding and perception. New York: Springer
- Povel, D. J., & Essens, P. (1985). Perception of Temporal Patterns. *Music Perception*, *2*(4), 411–440. <https://doi.org/10.2307/40285311>
- Povel, D. J., & Okkerman, H. (1981). Accents in equitone sequences. *Perception & Psychophysics*, *30*(6), 565–572. <https://doi.org/10.3758/BF03202011>
- Purves, D., et al. (2018) Neuroscience. 6th Edition, Sinauer Associates, New York: *Oxford University Press Inc.*
- Rabinowitch, T. C., & Meltzoff, A. N. (2017). Joint rhythmic movement increases 4-year-old children’s prosocial sharing and fairness toward peers. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01050>
- Särkämö, T. (2018). Music for the ageing brain: Cognitive, emotional, social, and neural benefits of musical leisure activities in stroke and dementia. *Dementia*, *17*(6), 670–685. <https://doi.org/10.1177/1471301217729237>
- Savage, P. E., Brown, S., Sakai, E., & Currie, T. E. (2015). Statistical universals reveal the structures and functions of human music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *112*(29), 8987–8992. <https://doi.org/10.1073/pnas.1414495112>
- Savage, P. E., Loui, P., Tarr, B., Schachner, A., Glowacki, L., Mithen, S., & Fitch, W. T. (2021). Music as a coevolved system for social bonding. *Behavioral and Brain Sciences*, *44*. <https://doi.org/10.1017/S0140525X20000333>
- Schneider, S., Münte, T., Rodriguez-Fornells, A., Sailer, M., & Altenmüller, E. (2010). Music-supported training is more efficient than functional motor training for

- recovery of fine motor skills in stroke patients. *Music Perception*, 27(4), 271–280. <https://doi.org/10.1525/mp.2010.27.4.271>
- Schwartz, K. D., & Fouts, G. T. (2003). Music Preferences, Personality Style, and Developmental Issues of Adolescents. *Journal of Youth and Adolescence*, 32(3), 205–213. <https://doi.org/10.1023/A:1022547520656>
- Sharman, L., & Dingle, G. A. (2015). Extreme metal music and anger processing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9(APR). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00272>
- Sixsmith, A., & Gibson, G. (2007). Music and the wellbeing of people with dementia. *Ageing and Society*, 27(1), 127–145. <https://doi.org/10.1017/S0144686X06005228>
- Skingley, A., De’Ath, S., & Napleton, L. (2016). Evaluation of edna: Arts and dance for older people. *Working with Older People*, 20(1), 46–56. <https://doi.org/10.1108/WWOP-08-2015-0016>
- Sole, M. (2017). Crib song: Insights into functions of toddler private spontaneous singing. *Psychology of Music*, 45(2), 172–192. <https://doi.org/10.1177/0305735616650746>
- Stalinski, S. M., & Schellenberg, E. G. (2012). Music Cognition: A Developmental Perspective. *Topics in Cognitive Science*, 4(4), 485–497. doi:10.1111/j.1756-8765.2012.01217.x
- Steele, C. J., Bailey, J. A., Zatorre, R. J., & Penhune, V. B. (2013). Early musical training and white-matter plasticity in the corpus callosum: Evidence for a sensitive period. *Journal of Neuroscience*, 33(3), 1282–1290. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3578-12.2013>
- Tan, S. L., Pfordreshe, P. & Harré, R. (2017). *Psychology of Music: From Sound to Significance*. (2nded) Londres: *Routledge*.
- Tan, S. L., Storm, V., Reinwand, D. A., Wienert, J., de Vries, H., & Lippke, S. (2018). Understanding the positive associations of sleep, physical activity, fruit and vegetable intake as predictors of quality of life and subjective health across age

- groups: A theory based, cross-sectional web-based study. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00977>
- Tanghe, K., Degroeve, S., & De Baets, B. (2005). An Algorithm for Detecting and Labeling Drum Events in Polyphonic Music. In *Proc. Music Information Retrieval Evaluation eXchange (MIREX)*.
- Thaut, M. H. & Hodges, D. (2019). The Oxford Handbook of Music and the Brain. The Oxford Handbook of Music and the Brain. *Oxford University Press*. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198804123.001.0001>
- Tierney, A., & Kraus, N. (2013). Music training for the development of reading skills. In *Progress in Brain Research*. 207, 209–241. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63327-9.00008-4>
- Tillmann, B. (2005). Implicit Investigations of Tonal Knowledge in Nonmusician Listeners. In G. Avanzini, L. Lopez, S. Koelsch, & M. Manjno (Eds.), *The neurosciences and music II: From perception to performance* (pp. 100–110). New York Academy of Sciences.
- Todd, N. P. M., & Lee, C. S. (2015). The sensory-motor theory of rhythm and beat induction 20 years on: A new synthesis and future perspectives. *Frontiers in Human Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00444>
- Trainor, L. J., & Cirelli, L. (2015). Rhythm and interpersonal synchrony in early social development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), 45–52. <https://doi.org/10.1111/nyas.12649>
- Trainor, L. J., Marie, C., Gerry, D., Whiskin, E., & Unrau, A. (2012). Becoming musically enculturated: Effects of music classes for infants on brain and behavior. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1252(1), 129–138. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06462.x>
- Trainor, L. J., Shahin, A. J., & Roberts, L. E. (2009). Understanding the benefits of musical training: Effects on oscillatory brain activity. In *Annals of the New York Academy of Sciences* (Vol. 1169, pp. 133–142). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04589.x>

- Tramo, M. J., Bharucha, J. J., & Musiek, F. E. (1990). Music perception and cognition following bilateral lesions of auditory cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2(3), 195–211. <https://doi.org/10.1162/jocn.1990.2.3.195>
- Trehub, S. E., Becker, J., & Morley, I. (2015). Cross-cultural perspectives on music and musicality. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. Royal Society of London. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0096>
- Trehub, S. E., & Gudmundsdottir, H. R. (2015). Mothers as Singing Mentors for Infants. In *The Oxford Handbook of Singing* (pp. 454–470). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199660773.013.25>
- Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L., & Brogan, D. (1990). The internal clock: evidence for a temporal oscillator underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency. *Perception*, 19(6), 705–743. <https://doi.org/10.1068/p190705>
- Tsang, C. D., Falk, S., & Hessel, A. (2017). Infants Prefer Infant-Directed Song Over Speech. *Child Development*, 88(4), 1207–1215. <https://doi.org/10.1111/cdev.12647>
- Tunçgenç, B., & Cohen, E. (2018). Interpersonal movement synchrony facilitates pro-social behavior in children’s peer-play. *Developmental Science*, 21(1). <https://doi.org/10.1111/desc.12505>
- Van Dyck, E., Moens, B., Buhmann, J., Demey, M., Coorevits, E., Dalla Bella, S., & Leman, M. (2015). Spontaneous Entrainment of Running Cadence to Music Tempo. *Sports Medicine - Open*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0025-9>
- Vos, J., & Rasch, R. (1981). The perceptual onset of musical tones. *Perception & Psychophysics*, 29(4), 323–335. <https://doi.org/10.3758/BF03207341>
- Wallin, N. L., Merker, B., & Brown, S. (2000). The origins of music. *The MIT Press*.
- Watanabe, D., Savion-Lemieux, T., & Penhune, V. B. (2007). The effect of early musical training on adult motor performance: Evidence for a sensitive period in motor

- learning. *Experimental Brain Research*, 176(2), 332–340.
<https://doi.org/10.1007/s00221-006-0619-z>
- Whiteford, K. L., & Oxenham, A. J. (2019). "Learning for pitch and melody discrimination in congenital amusia": Corrigendum. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 115, 371. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2019.02.001>
- Wright, R. (2008). Kicking the habitus: power, culture and pedagogy in the secondary school music curriculum. *Music Education Research*, 10(3), 389–402.
<https://doi.org/10.1080/14613800802280134>
- Wright, R. (2011). Musical futures: A new approach to music education. *Canadian Music Educator*, 53(2), 19–21.
- Zatorre, R. J., Belin, P., & Penhune, V. B. (2002). Structure and function of auditory cortex: Music and speech. *Trends in Cognitive Sciences*.
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01816-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01816-7)
- Zatorre, R. J., Chen, J. L., & Penhune, V. B. (2007). When the brain plays music: auditory–motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(7), 547–558. doi:10.1038/nrn2152
- Zatorre, R. J., Zarate, J. M. (2012). Cortical Processing of Music. In: Poeppel, D., Overath, T., Popper, A., Fay, R. (eds). *The Human Auditory Cortex Springer Handbook of Auditory Research*, vol 43. Springer, New York, NY.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2314-0_10
- Zentner, M., & Eerola, T. (2010). Rhythmic engagement with music in infancy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(13), 5768–5773. <https://doi.org/10.1073/pnas.1000121107>
- Zhao, T. C., Lam, H., Sohi, H., & Kuhl, P. K. (2017). Neural processing of musical meter in musicians and non-musicians. *Neuropsychologia*, 106, 289–297.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.10.007>

Anexos

Anexo I

Acordo do Consentimento Informado



Código do Participante _____

Acordo de Consentimento Informado

A presente investigação é desenvolvida no âmbito do Mestrado de Neuropsicologia, e pretende contribuir para clarificar a influência do treino físico e musical na perceção musical.

Para tal, irá executar-se a avaliação da perceção musical: por meio do instrumento *Montreal Battery Assesment Evaluation*. Será também pedido o preenchimento de um questionário relacionado com a sua experiência pessoal e profissional de modo a garantir que são preenchidos os requisitos necessários para a sua participação nesta investigação.

Todo este procedimento terá a duração de sensivelmente 60 minutos. Deve ler atentamente a informação que se segue e colocar questões sobre aquilo que não entende, antes de decidir se participa ou não neste estudo.

Registo dos dados: É pedida autorização para recolher os dados supramencionados.

Participação e desistência: A sua participação é de natureza voluntária, não remunerada, tendo o direito de desistir a qualquer momento sem qualquer impedimento, bastando para isso informar o investigador.

Arquivo e divulgação dos dados: Todos os dados recolhidos respeitarão as regras de proteção de dados da ética científica e da lei geral europeia. A sua utilização é prevista apenas para efeitos académicos e para fins de divulgação científica, sendo primeiramente apresentada à instituição responsável. Deste modo, se desejar poderá inteirar-se dos resultados obtidos.

Confidencialidade, Integridade e Disponibilidade: Os seus dados pessoais serão mantidos confidenciais, sendo asseguradas as medidas de segurança técnicas e organizacionais adequadas. O seu nome será codificado, através da atribuição de um código (canto superior esquerdo). Os dados recolhidos serão mantidos anonimizados e arquivados numa base de dados. As únicas pessoas que terão acesso à informação fornecida e codificada serão os membros da investigação. O interveniente que recolhe os dados está sob compromisso de confidencialidade e de sigilo. Todos os dados pessoais serão eliminados num período máximo de três anos.

Data Protection Officer - UCP

Dra. Frederica Campos de Carvalho
Contacto telefónico: +351 217214179
E-mail: compliance.rgpd@ucp.pt

Responsável pela Investigação - UCP

Fabiola Mano
manofabiola@gmail.com

Responsável pela Orientação do Projeto

Prof. Doutora Maria Vânia Nunes
mnunes@ics.lisboa.ucp.pt

Grata pela sua atenção e disponibilidade.

ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO POR DUAS PÁGINAS E FEITO EM DUPLICADO: UMA PARA A INVESTIGADORA E OUTRA PARA A PESSOA QUE CONSENTE.

Código do Participante _____

Assinatura do participante da investigação

Declaro que eu, _____ (nome), li e compreendi toda a informação que consta neste documento, bem como as informações que me foram facultadas verbalmente, tendo a oportunidade de esclarecer as minhas dúvidas. Foi-me ainda garantido que todos os dados relativos à minha identificação nesta investigação, são confidenciais. Desta forma, aceito participar neste estudo, e permito a utilização dos dados, que de forma voluntária forneço.

Assinatura do Participante

Data: ___ / ___ / ___

Data Protection Officer - UCP

Dra. Frederica Campos de Carvalho
Contacto telefónico: +351 217214179
E-mail: compliance.rgpd@ucp.pt

Responsável pela Orientação do Projeto

Dra. Maria Vânia Nunes
mnunes@ics.lisboa.ucp.pt

Responsável pela Investigação - UCP

Fabiola Mano
manofabiola@gmail.com

ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO POR DUAS PÁGINAS E FEITO EM DUPLICADO: UMA PARA A INVESTIGADORA E OUTRA PARA A PESSOA QUE CONSENTE.