



UNIVERSIDADE
CATÓLICA PORTUGUESA | INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE

PERCEÇÃO DO TEMPO - ESTIMAÇÃO DO TEMPO EM MÚSICOS PROFISSIONAIS

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

Por

Carolina Monteiro

Sob a orientação de Professor Doutor Carlos Fernandes da Silva e
Professora Doutora Sandra Soares

(Lisboa - 2012)

Palavras-chave: estimação de tempo, músico, percepção de tempo, neuropsicologia

Resumo: Este estudo investigou a diferença de tempo prospectivo de estimacões temporais verbais existentes entre músicos profissionais e não músicos para durações iguais. Esperava-se que os músicos profissionais tivessem um melhor desempenho. No estudo participaram 16 músicos profissionais e 16 não músicos que tiveram muito pouco ou nenhum contacto com a música ao longo da vida. Foi utilizada uma tarefa comportamental computadorizada para medir a precisão da estimação temporal, através da modalidade auditiva, bem como a quantidade de subestimacões e sobrestimacões. A tarefa temporal era acompanhada por uma tarefa não temporal simultânea para evitar os efeitos de contagem internos dos participantes. Para explorar os resultados procedeu-se a uma análise estatística através de comparação de médias e associações entre variáveis. Os resultados das diferenças entre os dois grupos foram estatisticamente significativos e indicaram que os músicos profissionais foram mais precisos a estimar os intervalos de tempo do que os não músicos. A maior quantidade de erros temporais deveu-se a subestimacões, tanto nos músicos como nos não músicos. Estes resultados apoiam as descobertas relativas às diferenças cerebrais funcionais e estruturais entre músicos e não músicos, bem como os estudos que relatam que o tempo parece passar a uma velocidade mais rápida quando se está ocupado com uma tarefa. O treino intensivo de música ao longo da vida pode melhorar a capacidade de estimação de tempo, permitindo um melhor desempenho nas capacidades de gestão de tempo e organização da vida diária.

Key-words: time estimation, musician, time perception, neuropsychology

Abstract: This study investigated prospective time differences of verbal estimations between professional musicians and non-musicians for equal durations. It was expected that professional musicians had a better performance. Sixteen professional musicians and 16 non-musicians with little to no contact with music throughout their lives participated in this study. A behavioral task computed to measure time estimation precision was used, through auditory modality, as well as the amount of underestimations and overestimations. The temporal task was implemented together with a non-temporal task to avoid the effects of internal count of the participants. To explore the results, a statistical analysis was held via means of comparisons and relations between variables. The differences between the two groups were statistically significant and showed that professional musicians were more accurate estimating time intervals than non-musicians. The largest amount of temporal errors was due to underestimations both in musicians and non-musicians and not overestimations. This results support previous findings concerning functional and structural brain differences between musicians and non-musicians as well as studies reporting time passing faster during involvement with a task. Intensive music training throughout life can improve time estimation capability, allowing a better performance in time management and daily life organization.

Agradecimentos:

Queria, em primeiro lugar, agradecer a quem mais diretamente me ajudou na concretização deste trabalho e me proporcionou uma aprendizagem científica contínua nesta área de investigação: os meus orientadores Professor Doutor Carlos Fernandes da Silva e Professora Doutora Sandra Soares. Muitas das grandes ideias e incentivos surgiram a partir deles e a disponibilização e vontade de ajudar e ensinar foram evidentes e constantes.

Mas, como para realizar um trabalho ou qualquer outra coisa na vida também são fundamentais outros tipos de apoio, agradeço às minhas fontes seguras: a minha família. O meu agradecimento especial é para o meu *better-half* que, para além de me apoiar a vários níveis, concretizou a tarefa comportamental utilizada neste estudo. Os amigos também constituíram uma forte rede de suporte, com especial ênfase numa querida amiga e colega que se mostrou sempre prestável não apenas em termos emocionais, mas com partilha de materiais bibliográficos e de apoio.

Agradeço ainda à equipa docente do mestrado em Neuropsicologia da Universidade Católica de Lisboa pela transmissão de conhecimentos de notória qualidade nesta área e pela grande promoção da autonomia, fundamental para a passagem ao mercado de trabalho.

Este trabalho também não poderia ser concretizado sem a ajuda fundamental dos participantes (músicos profissionais e não músicos) e do incentivo e apoio da Orquestra Filarmonia das Beiras (nomeadamente do maestro Professor Doutor António Vassalo Lourenço) e do meu antigo Professor de órgão de tubos Domingos Peixoto.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a disponibilidade e prontidão da Professora Doutora Filipa Ribeiro que, num momento de aperto, disponibilizou material bibliográfico de difícil acesso.

ÍNDICE

Introdução.....	1
Revisão da literatura.....	3
A percepção do tempo.....	3
Abordagens e modelos relativos ao processamento temporal.....	5
Fatores que influenciam a percepção de tempo.....	16
Bases neuroanatômicas da percepção de tempo.....	19
Tarefas usadas para estudar a percepção do tempo: a estimação temporal.....	26
A neurociência da música.....	28
A percepção de tempo nos músicos.....	32
Problemas em estudo.....	33
Questão orientadora.....	33
Objetivos/Hipóteses.....	34
Tipo de estudo.....	34
Metodologia.....	35
População-alvo.....	35
Participantes.....	35
Processos de amostragem.....	36
Instrumento de colheita de dados.....	36
Procedimento de recolha e análise.....	38
Resultados.....	42
Discussão.....	52
Conclusões.....	57
Referências.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	37
----------------	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	51
-----------------	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	42
----------------	----

Tabela 2	43
----------------	----

Tabela 3	44
----------------	----

Tabela 4	45
----------------	----

Tabela 5	46
----------------	----

Tabela 6	47
----------------	----

Tabela 7	48
----------------	----

Tabela 8	50
----------------	----

INTRODUÇÃO

O espaço e o tempo representam as dimensões elementares da experiência (Kant, 1787/1934, cf. Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009), sendo que o tempo é uma necessidade fundamental, mesmo que não estejamos necessariamente conscienciosos disso (Macar et al., 2002).

O processamento temporal é uma componente integrante de muitos dos nossos comportamentos diários (como, por exemplo, cozinhar uma refeição). O planeamento eficiente de uma sequência de tarefas é determinado, em grande parte, pela quantidade de tempo de que a tarefa necessita. No entanto, se a tarefa for interrompida e perdermos a noção do tempo, somos obrigados a estimar o tempo decorrido, sendo que nos apoiamos, na maioria das vezes, em aparelhos como o relógio ou o temporizador. De facto, existem auxiliares do tempo, embora não sejamos totalmente dependentes deles, uma vez que conseguimos medir o tempo com um grau de precisão que implica a presença de componentes cognitivas relacionadas com o processamento temporal (Mangels & Ivry, 2001).

Alguns investigadores defendem que a prática de tarefas que envolvem o processamento temporal aumenta o desempenho nas mesmas (e.g., Nagarajan, Blake, Wright, Byl & Merzenich, 1998). Um exemplo de *expertise* temporal é o treino extenso e intenso dos músicos profissionais, sendo estes bons candidatos para o estudo da percepção do tempo (Sevinç, 2007). Nos últimos anos tem-se intensificado o estudo com músicos na área das neurociências, devido à quantidade de processos cognitivos que o treino da música envolve (Koelsch & Siebel, 2005), tendo inclusive surgido recentemente a neurociência da música (Miranda, 2010).

São assim já vários os estudos que mostraram que, de facto, muitos aspetos do nosso funcionamento cognitivo e comportamental são baseados, pelo menos em parte, no processamento de informação temporal (Pöppel, 2004). O estudo apresentado neste documento surge como uma necessidade de se compreender melhor os processos subjacentes ao processamento temporal, que se tem mostrado um tema bastante complexo em termos neuroanatómicos e funcionais. Para além disso, o estudo apresentado visa uma exploração da organização e extensão da plasticidade do cérebro de músicos profissionais no que respeita à percepção de tempo. Mais especificamente, o objetivo da presente investigação foca-se em, através do estudo prospetivo do tempo,

verificar se existem diferenças nas estimativas de intervalos de tempo entre músicos profissionais e não músicos, em condições iguais.

O presente trabalho começa por apresentar uma recolha bibliográfica acerca da percepção de tempo e do que esta envolve nomeadamente a nível neuroanatômico e cognitivo. O documento incide na descrição dos métodos utilizados para estudar a percepção de tempo, enfatizando a estimação de tempo. Para além disso, foca-se em estudos com músicos e não músicos, assim como nas diferenças neuroanatômicas entre os dois grupos.

De seguida, são enfatizados os problemas em estudo, designadamente os objetivos e as hipóteses que regulam o mesmo.

A metodologia da investigação é apresentada posteriormente, sendo tidos em consideração a população-alvo do estudo, os participantes, os processos de amostragem e os instrumentos e procedimentos de recolha dos dados.

Por fim, são expostos os resultados, seguidos de uma discussão e conclusão acerca dos mesmos e da investigação em geral.

REVISÃO DA LITERATURA

A percepção do tempo

Ao longo dos anos foram vários os autores que tentaram analisar o tempo e, mais especificamente, a percepção de tempo nos humanos (e.g. Fuster, 1973; Brown, 1985; Block & Zakay, 1997; Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009).

O processo perceptivo é compreendido por duas dimensões distintas: a sensação e a percepção. Inicialmente a percepção era vista como resultado de muitas sensações (Goldstein, 1999, cf. Caldeira & Ferreira, 2007). Contudo, a abordagem atual depreende que a percepção é relativa a objetos externos e as sensações a experiências individuais que podem não estar associadas a objetos externos. A percepção consiste, assim, na associação dos estímulos que influenciam os órgãos dos sentidos e posterior organização ativa dos mesmos (Caldeira & Ferreira, 2007), atribuindo-lhes um significado. De uma forma geral, pode considerar-se que a percepção de tempo envolve um processo de conversão do tempo objetivo em tempo subjetivo, sendo que pode existir correspondência ou incompatibilidade entre os dois (Hornik, 1984, cf. Lueck, 2007). A percepção de tempo é um processo de integração de estímulos externos que fornecem um fluxo de mudança, que é percebido como o fluxo de tempo (Mădălina, 2011), isto é, a percepção de tempo é a velocidade com a qual vemos o mundo em comparação à velocidade real na qual o mundo se move (Lueck, 2007).

No curso da sua história de investigação científica, a percepção do tempo levantou um grande número de questões intrigantes, desde quais os estímulos dos mecanismos sensoriais envolvidos neste tipo de percepção, às bases biológicas e cognitivas para as experiências temporais (Mădălina, 2011). A percepção de tempo é, de facto, um tema bastante complexo devido ao facto do tempo não se poder inserir na mesma categoria de outros estímulos sensoriais como a luz, o som, e a pressão física, que podem ser sentidos e percebidos. Embora o ser humano tenha órgãos sensoriais que detetam mudanças subtis em termos de estimulação visual, tátil ou auditiva, não há um órgão sensitivo do tempo (Sevinç, 2007). Assim, embora se fale em percepção do tempo, a experiência subjetiva do tempo não parece ter origem num sistema sensorial específico, embora a estimação e discriminação temporal estejam implícitas em muitas das tarefas que desempenhamos no nosso dia-a-dia (produção e compreensão do discurso, treino da música, condução, acordar). Para além disso, apesar de ainda não ter sido descoberto

um recetor especializado para o tempo, é pouco provável que a percepção de tempo seja um epifenómeno da atividade neural inserido noutros sistemas sensoriais. Há inúmeros fenómenos que apoiam a existência de certos componentes do processamento temporal de uma forma centralizada em relação ao *input* sensorial (isto é, independentes da modalidade) e que devem estar concebidos para perceber a mudança. Isto porque o tempo é dinâmico por definição, sendo que requer o processamento não só de eventos individuais, mas também da relação entre eles (Mangels & Ivry, 2001).

A percepção de tempo envolve processos através dos quais um organismo se adapta e representa as propriedades temporais dos eventos do meio e das relações entre eles. Por um lado, as durações inseridas num leque de duração de segundos a minutos são essenciais para representar o meio externo imediato (Block, Hancock & Zakay, 1998). Por exemplo, quando se conduz um veículo ou se atravessa uma rua movimentada, a estimação da velocidade e de tempo fornece informação que é vital (Manser & Hancock, 1996). Por outro lado, os comportamentos diários requerem durações que, embora mais longas, são importantes para compreender os processos subjacentes e as relações entre eles (Block, Hancock & Zakay, 1998).

Existem dois conceitos inerentes à noção de percepção de tempo (Block, 1990, cf. Bagana & Raciú, 2012), sendo um deles a sucessão, isto é, a identificação da ordem temporal dos eventos, e outro a duração, ou seja, a identificação da persistência de um evento sobre o tempo (Wittmann, 1999). Outras experiências que estão associadas ao tempo são: a irreversibilidade (se a sensação de tempo está condicionada pelo consumo orgânico progressivo ou pelo aumento da constante correspondência dos esforços atencionais, é compreensível que o tempo fisiológico não seja reversível mas sim que se mova apenas numa direção); a continuidade, isto é, a ausência de paragem (a fadiga da consciência flui continuamente nas horas em que estamos acordados e o esforço para se estar atento também aumenta de forma contínua); a ordem (as sensações ligadas ao grande consumo da atenção parecem acontecer mais tarde); e a variabilidade (durante grandes exigências atencionais a duração parece aumentar e, durante ocupações menos exigentes, parece encurtar) (Marchetti, 2009). Embora ainda não sejam claros os mecanismos cognitivos subjacentes ao processamento temporal que explicam o célebre ditado relativo ao facto de o tempo “voar” quando a atividade que se desempenha é divertida, há estudos de percepção de tempo que referem que o ser humano percebe o tempo a passar mais rapidamente se estiver envolvido numa tarefa ou evento agradável,

enquanto tarefas mais aborrecidas suscitam uma passagem do tempo mais vagarosa relativamente à passagem de tempo real (Vohs & Schmeichel, 2003).

Abordagens e modelos relativos ao processamento temporal

Uma abordagem neuropsicológica para compreender o processamento temporal requer um modelo teórico das componentes cognitivas envolvidas e do fluxo de informação entre elas.

O tempo, e consequentemente a percepção de tempo, exigem definições que facilmente se tornam circulares e, por isso, alguns autores tentaram fornecer explicações objetivas e concisas para estes conceitos. Para alguns, a experiência de tempo é oposta à do espaço, sendo a primeira uma experiência na qual uma situação que é composta por uma pluralidade de eventos ou objetos, se torna uma situação composta por um evento ou objeto único através da construção mental na forma de percepção do evento ou objeto. Tudo começa com uma pluralidade (por exemplo, uma bola a ser atirada no momento um, no momento dois,...) e acaba com uma unificação/condensação dessa mesma pluralidade (Ceccato, 1976, 1972; Ceccato & Zonta, 1980; cf. Marchetti, 2009). Esta análise considera um dos aspetos cruciais da experiência do tempo: o facto de que quando vemos um objeto (do ponto de vista temporal) ou vivemos uma situação que se desenrola ou evolui no tempo, experienciamos, repetidamente, o objeto ou a situação e percecionamo-la, vêmo-la, imaginamo-la e consideramo-la mais vezes. No entanto, não são tidas em conta outras características fundamentais na experiência do tempo. Por um lado, não se considera a capacidade de ordenação dos eventos no tempo (sucessão temporal). Por outro lado, negligencia-se o papel da atenção no processamento da informação temporal. Também não é tido em conta que o tempo psicológico só se move numa direção sendo, por isso, irreversível (Marchetti, 2009).

De acordo com alguns autores, o tempo é um conceito humano construído cognitivamente por um processo metonímico, que permite o sentido e experiência de tempo, e um processo metafórico, que possibilita a concetualização do tempo em termos de movimento e espaço (e.g., Lakoff & Johnson, 1999, cf. Marchetti, 2009). Nesta abordagem, o sentido literal do tempo tem origem e é fundamentado com base na comparação com outras experiências, ou seja, depende da comparação entre eventos.

Outros investigadores sublinham que a experiência de tempo parece ser independente da natureza dos eventos externos a que estamos expostos. Um dos aspetos que corrobora este ponto de vista é o facto de uma condição de duração prolongada poder ter origem em duas situações opostas: tanto pode resultar de eventos extremamente ricos em termos de percepção sensorial (que evoluem para situações inesperadas de violência, perigo), como pode advir de séries de estímulos pobres na sua natureza (momentos de tédio/aborrecimento, períodos de espera) (Flaherty, 1999, cf. Marchetti, 2009).

Desde muito cedo surgiram modelos que se serviram da metáfora do relógio interno que surge como representação de duração temporal, e cujo funcionamento advém de processos químicos, neurológicos ou fisiológicos, para explicar o processamento temporal.

Começou por se propor a existência de um relógio químico específico localizado no sistema nervoso que forneceria uma escala de tempo subjetiva. Esta hipótese surgiu com base na observação de que ocorrem várias mudanças físicas (como, por exemplo, as variações da temperatura corporal) que tornam plausível e que são determinadas pelo funcionamento de um relógio químico (Hoagland, 1933, cf. Marchetti, 2009).

Uma outra abordagem considera que as ondas alfa presentes nos eletroencefalogramas atuam como o “tique-taque” de um relógio biológico, sendo este ritmo alfa passível de ser o mecanismo fisiológico subjacente ao “órgão” do tempo (Wiener, 1948, cf. Marchetti, 2009).

Mais tarde foi proposto um modelo de relógio interno composto por um *pacemaker* que produz séries regulares de pulsos, um contador que regista o número de pulsos que chegam a um dado ponto, um armazém e um comparador no qual o resultado da atividade é introduzido (Treisman, 1963, cf. Marchetti, 2009). Embora se tenha tentado determinar se a frequência do *pacemaker* hipotético estava relacionada com o ritmo alfa da abordagem supracitada, os resultados não apoiaram qualquer correlação entre os dois (Treisman, 1984, cf. Marchetti, 2009). Este modelo impulsionou outros modelos como o modelo *pacemaker*-acumulador ou a SET (teoria da expectativa escalar), que representam elaborações mais refinadas da proposta inicial de Treisman.

A SET (Gibbon, Malapini, Dale & Gallistel, 1997) sugere que o tempo prospetivo envolve três fases distintas, sendo este composto pela fase do relógio, pela fase da memória, e pela fase da decisão. A fase do relógio envolve um *pacemaker* e um acumulador separados por um portão. O *pacemaker* é o núcleo desta fase, produzindo os

valores temporais. Quando o portão é acionado por um estímulo apropriado, os *outputs* do *pacemaker* são direcionados para produzir uma representação dinâmica do tempo corrente. Quando surge um estímulo que assinala o final do intervalo, o portão fecha e a acumulação termina. Quando há uma tarefa que requer uma resposta baseada nesta mesma informação temporal, dá-se início a uma descodificação (recuperação) do intervalo de referência armazenado na memória, comparando-o com a representação temporal real. É a taxa de tempo real para essas representações recuperadas que determina o modo como o indivíduo responde. Cada uma destas etapas pode contribuir para o comportamento temporal, resultando em estimativas temporais que são relativamente imprecisas quando comparadas aos mecanismos externos de manutenção de tempo (e o facto é que a maioria dos indivíduos opta pela utilização de relógios quando a necessidade de precisão temporal é crítica). Não obstante, as durações que pertencem a um leque de milissegundos a segundos aderem à propriedade escalar ou à lei de Weber (Allan & Gibbon, 1991, cf. Mangels & Ivry, 2001). A lei de Weber afirma que a variabilidade de uma distribuição temporal básica deve mostrar um coeficiente de variação constante (Gibbon, Malapini, Dale & Gallistel, 1997). Acima deste intervalo, as estimativas estão intimamente relacionadas com o tempo objetivo.

O modelo da SET é apelativo para os investigadores de neuropsicologia uma vez que é dotado de processos com componentes muito bem especificadas. Assim, em princípio, poderão ser feitas previsões acerca do efeito que o dano de diferentes componentes tem na precisão temporal e na variabilidade de resposta (Mangels & Ivry, 2001).

Como já se pôde constatar, o constructo *pacemaker*, um processo endógeno que abastece uma unidade temporal básica, é fundamental para muitas teorias relativas ao processamento temporal (e.g., Hoagland, 1933; Wiener, 1948; Treisman, 1963 cf. Marchetti, 2009; Gibbon, Malapini, Dale & Gallistel, 1997). O processo é frequentemente concetualizado como um processo periódico que emite pulsações a uma taxa média, mas com uma variabilidade multiplicativa e consistente com a lei de Weber. Embora os modelos de relógio interno tenham muitos aspetos em consideração, têm algumas falhas. Por exemplo, embora tenham em conta as tarefas de tempo prospetivo, onde os indivíduos são previamente alertados que têm que fornecer julgamentos de tempo, este tipo de modelo não explica as tarefas de tempo retrospectivas, nas quais os sujeitos não sabem, com antecedência, que vão ser requeridos julgamentos acerca da duração de um período de tempo. Este último tipo de tarefas pode ser explicado com

modelos que envolvem o número de mudanças contextuais que ocorreram durante o período cuja duração tem que ser julgada (Block & Zakay, 2001, cf. Marchetti, 2009), ou a quantidade de informação processada (Ornstein, 1969, cf. Marchetti, 2009).

Por outro lado, apesar dos modelos de relógio interno serem adequados para manipular relações relativamente simples (por exemplo, a relação entre a temperatura corporal, o *arousal* e a taxa de resposta), parecem incapazes de explicar a razão de alguns fatores cognitivos (como estratégias) influenciarem o comportamento temporal e a experiência, ou a imprecisão inerente aos julgamentos de duração nos humanos (organismos com um mecanismo tão preciso como um relógio interno exibem, muito frequentemente, comportamentos imprecisos de tempo) (Block, 1990, cf. Marchetti, 2009).

Para além disso, os modelos de relógio interno parecem ter alguns inconvenientes metodológicos e técnicos. Para além de ainda não ter sido identificada uma taxa constante do *pacemaker*, estes modelos ainda não são capazes de explicar facilmente os efeitos da atenção no tempo psicológico (Block, 2003, cf. Marchetti, 2009).

Há ainda outras considerações a ter em conta no que diz respeito à individualização do relógio interno nos modelos que assumem a sua existência. O ser humano, tal como outros animais, tem inúmeros mecanismos que podem funcionar da mesma forma e de forma tão precisa como um relógio interno como é o caso das frequências cardíaca e respiratória, do metabolismo celular, do ritmo alfa, entre outros. Desta forma, há uma lacuna relativa à explicação dos critérios que julgam um determinado processo fisiológico como “cronómetro” interno. Ademais, os diferentes mecanismos nem sempre têm a mesma frequência, o que levanta a hipótese de haver uma frequência ou um ritmo que pode ser considerado como mais básico que outros, ou de existir uma combinação de alguns ou de todos os ritmos periódicos internos que deve ser considerada como marcador interno do tempo (Ornstein, 1969, cf. Marchetti, 2009).

Embora seja razoável supor que existe um tipo de mecanismo que supre de uma forma mais ou menos regular o material básico para produzir o processamento temporal e que, por isso, esteja envolvido na experiência de tempo em geral, é implausível que um mero processo de cronometragem baste para ser considerado o mecanismo responsável pela experiência de tempo. O cronómetro ou outro mecanismo de tempo pode fornecer o material necessário para a contagem, mas tem que existir alguém que desempenhe a contagem (Marchetti, 2009).

A explicação da experiência de tempo em termos de um mecanismo de relógio interno implica também alguma circularidade. Os relógios (bem como os cronômetros) foram desenvolvidos por e graças à capacidade de o ser humano experienciar o tempo de forma subjetiva, sendo o produto das nossas capacidades mentais, físicas e psicológicas. Assim, a explicação da experiência temporal através da noção de relógio interno levanta essa questão, uma vez que se usa o resultado de uma atividade, isto é, do que pode ser desenvolvido devido a essa atividade, com o intuito de considerar a atividade em si. Para além disso, os relógios devem ser considerados para o fluxo contínuo das experiências, mas não para outros tipos de experiências temporais como a sucessão, a simultaneidade, o ritmo, a duração, a irreversibilidade, entre outros. Cada um dos instrumentos relacionados com a experiência do tempo tem a sua função específica e dificilmente pode ser usado para desempenhar qualquer uma das funções desempenhadas por outros instrumentos (Marchetti, 2009).

Embora o modelo da SET acima descrito esteja enraizado na literatura referente à percepção de tempo animal, acabou por ser adaptado e aprimorado por investigadores que procuravam um modelo cognitivo para a experiência de tempo nos humanos. O modelo do portão atencional (*attentional-gate model*) é um modelo atencional mas que estende o SET, incluindo três componentes cognitivas adicionais que são invocadas quando o tempo tem que ser monitorizado de forma explícita e representado de forma consciente. O nível de *arousal* geral é proposto como um mediador da velocidade do *pacemaker* interno (o *arousal* sistémico maior que o normal aumenta a velocidade do mesmo e o *arousal* mais baixo que o normal diminui essa mesma velocidade) (Zackay & Block, 1997). Há vários fatores que podem modular o *arousal* geral, influenciando a taxa de um relógio endógeno, como é o caso da dopamina e de alguns estimulantes do sistema nervoso (como a cafeína e a nicotina), e da manipulação psicológica. Quando os sujeitos são pressionados pela ameaça de um choque elétrico (Curton & Lordahl, 1974, cf. Mangels & Ivry, 2001), pela falha numa tarefa cognitiva (Lindman & Taxell, 1975, cf. Mangels & Ivry, 2001), ou por estímulos ambientais aborrecidos (Boltz, 1994, cf. Mangels & Ivry, 2001), a percepção do tempo decorrido é distorcida de uma maneira consistente com um relógio interno mais rápido. Já a indução de relaxamento através de sons ambientais calmos abrandava a taxa do relógio interno, o que leva à subestimação do tempo decorrido (Boltz, 1994, cf. Mangels & Ivry, 2001). Assume-se ainda que o indivíduo pode distribuir os seus recursos atencionais entre a tarefa temporal e a tarefa

não temporal. O enfoque na tarefa temporal permite acionar a abertura do portão atencional, fazendo com que os pulsos produzidos pelo *pacemaker* passem para o contador. Desta forma, a atenção seletiva opera no mecanismo de portão, permitindo que o *output* do sistema de relógio fique disponível para o *awareness* consciente (Zackay & Block, 1997). O portão (mecanismo cognitivo) abre mais frequentemente de acordo com a atenção prestada à informação temporal. Este aumento de fluxo de informação temporal faz com que o *pacemaker* transfira mais pulsos para o acumulador (Craig & Hay, 1999), sendo que este atua como um *buffer* de memória de trabalho que atualiza ativamente a representação do tempo. Em algumas versões deste modelo é acrescentado um interruptor entre o portão atencional e o acumulador de forma a assinalar o momento em que um estímulo relevante para a tarefa ocorre e a colocar o acumulador a zero para uma nova contagem. Os valores do acumulador são depois transferidos para a memória de trabalho para que possa haver uma comparação com o intervalo armazenado. Ainda que com o portão “fechado”, os sistemas sensorial e motor conseguem aceder ao relógio interno para os comportamentos que não requerem a representação explícita de tempo (Zackay & Block, 1997).

Este modelo permite fazer previsões do processamento explícito da informação temporal e que não pode ser feita, de forma específica, pelo modelo da SET. Desta forma, não só prevê que quando os intervalos excedem o leque relevante para eventos sensoriais e motores (por exemplo, um segundo) maiores são as exigências da atenção sustentada e da capacidade de memória de trabalho, como também que uma tarefa não temporal concorrente desvia os recursos seletivos da informação temporal, resultando numa acumulação de tempo mais vagarosa e variável (e o inverso também acontece, visto que há uma competição mútua dos recursos atencionais entre as tarefas temporais e não temporais) (Marchetti, 2009). E, à medida que as exigências da tarefa não temporal aumentam, menor é a capacidade atencional dirigida para o processamento temporal, o que implica que a duração estimada encurte em comparação com os julgamentos de intervalos de tempo nos quais a única tarefa é manter o controlo do tempo (Thomas & Brown, 1974; Thomas & Weaver, 1975). Este modelo e, de forma genérica, os modelos cognitivos de percepção de tempo, permitem a possibilidade de os processos *top-down* (como a estratégia) modularem as componentes do tempo (Mangels & Ivry, 2001). Este modelo considera ainda tanto os julgamentos de tempo prospectivos como os julgamentos de tempo retrospectivos. Relativamente aos primeiros, e

comparativamente aos modelos atencionais tradicionais, este modelo tem em conta o facto de os julgamentos prospetivos de tempo dependerem não só da quantidade de atenção que se presta ao processamento temporal, mas também do nível de *arousal* (sendo que o aumento do nível de *arousal* leva a que o *pacemaker* produza mais pulsos por unidade de tempo), e o facto de as reproduções prospetivas serem, tipicamente, mais curtas do que as durações-alvo (Marchetti, 2009).

Uma limitação inerente aos modelos atencionais diz respeito à validade geral e aplicabilidade dos mesmos. As circunstâncias caracterizadas pelo choque ou os eventos inesperados não estão englobados nesse tipo de abordagens. O que se constata é que por vezes, contrariamente ao que é descrito pelos modelos baseados na atenção, os indivíduos tendem a sobrestimar a duração do estímulo chocante ou dos estímulos que exigem mais recursos atencionais (Angrilli, Cherubini, Pavese & Manfredini, 1997; Tse, Intriligator, Rivest & Cavanagh, 2004). Assim, há um duplo mecanismo que é acionado pelos níveis de *arousal*: um mecanismo impulsionado pela atenção e situações de baixos níveis de *arousal* (que é consistente com os modelos atencionais) e um mecanismo impulsionado pela emoção aquando de altos níveis de *arousal* (Angrilli, Cherubini, Pavese & Manfredini, 1997). Estes dois caminhos distintos são responsáveis pelo processamento de estímulos emocionais, sendo um deles subcortical (rapidamente ativado por estímulos potencialmente perigosos, mas que recebe informação incompleta), e outro cortical (mais lento, mas que processa a informação acerca da natureza do estímulo de forma mais precisa) (LeDoux, 1995).

No entanto, este modelo também apresenta mais limitações, sendo que a principal se refere à circularidade intrínseca da ideia nuclear: na duração prospetiva, a duração dos julgamentos experienciados é mais longa quanto maior for o número de recursos atencionais orientados para a passagem do tempo. Um erro dos modelos atencionais é que explicam a experiência de tempo recorrendo à própria noção do tempo, isto é, sugerem que a experiência de duração não só depende mas também é determinada pela quantidade de atenção atribuída ao tempo, o que é equivalente a explicar uma das dimensões do tempo (a duração) através do próprio tempo. As propostas dos modelos atencionais não refletem acerca das origens da experiência do tempo e da duração, e os mecanismos responsáveis pela sua produção, limitando-se a descrever (embora de uma forma muito articulada) as circunstâncias que alteram e condicionam a percepção do tempo (Marchetti, 2009).

O que algumas investigações indicam é que o que determina a sensação de duração não é tanto o consumo total da atenção em geral nem somente o trabalho específico da atenção que é necessária para desempenhar uma certa atividade ou para perceber um determinado evento (se assim fosse, as atividades que requerem um grande consumo de atenção implicariam sempre um aumento do tempo percebido que é exatamente o que as descobertas acerca dos julgamentos de tempo prospetivo refutam), mas sim a participação dessa porção de atenção que é dedicada à estimação da duração de um evento. E, portanto, quanto mais atenção se prestar à estimação da duração de um intervalo de tempo, mais longo o mesmo vai parecer (Brown, 1985; Tse, Intriligator, Rivest & Cavanagh, 2004).

É assim que surge a hipótese acima descrita revista após descobertas resultantes da investigação, que permite explicar a experiência de duração num outro formato e que tem em conta os paradigmas prospetivo e retrospectivo. A hipótese revista sugere que quando o evento cuja duração tem que ser estimada precisa de muita porção da atenção orientada para o processamento não temporal, a porção de atenção focada no processamento temporal sofre um abrandamento (o tempo parece contrair como função da quantidade de informação não temporal a ser processada ou com a dificuldade da tarefa concorrente, em experiências que usam o tempo prospetivo) (Marchetti, 2009). A atenção ao tempo aumenta não apenas quando a tarefa que preenche o intervalo é fácil, mas também quando o tempo se torna relevante (como ter um prazo imposto para a conclusão da tarefa). Quando a tarefa é difícil, a estimação da duração do intervalo é mais curta do que para tarefas simples, independentemente do nível de relevância temporal. Quando a tarefa é mais exigente, embora o tempo possa ser relevante (como na situação de haver um prazo), os recursos atencionais são preferencialmente orientados à solução da tarefa. No entanto, quando a tarefa é simples, estar consciente da passagem do tempo (alta relevância temporal) leva a sobrestimações temporais (a duração do intervalo é julgada como sendo mais longa do que é cronologicamente) porque, quando o tempo se torna relevante, o sistema perceptivo torna-se sensível a quaisquer pistas temporais internas ou externas, e a tarefa não exigente permite que haja mais recursos orientados ao processamento temporal (Zakay, 1992, cf. Mădălina, 2011). Esta hipótese considera a atenção como tendo um objetivo geral limitado e que pode ser dirigida, de forma flexível, de acordo com as necessidades, objetivos e motivações do sujeito (Kahneman, 1973, cf. Marchetti, 2009; Lavie, 1995). Assume, ainda, que a

atenção pode (até certo ponto) ser dividida entre algumas atividades, isto é, quando a capacidade total do processamento do estímulo não excede um certo limiar, os sujeitos podem processar a informação que chega através de mais que um canal de cada vez (Pashler, 1998, cf. Marchetti, 2009). A atenção é ainda vista como um fenómeno cíclico, sendo que cada ciclo atencional (ou ato de focalização) tem uma certa duração máxima e mínima (Marchetti, 2009).

Outro modelo atencional é o de Glicksohn (2001) que defende que a experiência de tempo não depende tanto dos eventos *per se*, mas sim do modo como o sujeito vive ou percebe os eventos, isto é, da atenção que o sujeito presta e do modo de implementação da mesma. O autor sugere um modelo para a percepção de tempo baseado num único polo de atenção que se pode dividir, direcionando uma parte para os eventos externos e outra para os eventos internos. Assumindo a existência de um polo comum de atenção, há uma troca necessária entre a atenção orientada externamente (aos eventos externos) e a atenção orientada internamente (aos estados internos): quanto mais absorvido o sujeito ficar na experiência subjetiva, mais lenta vai ser a duração percebida. Assim, a duração aparente é o resultado de uma função multiplicativa entre o tamanho e o número das unidades de tempo subjetivas (pulsos discretos que o sujeito experiencia de forma subjetiva e que são determinados pelos níveis de atenção orientados interna e externamente). Este modelo enfatiza a ideia de que a relação entre o evento externo e a percepção de tempo não é rígida e inflexível, mas sim mediada por fatores como a atenção, a atitude e hábitos do sujeito.

Devido a todas as limitações dos modelos de relógio interno e dos modelos atencionais e ao facto de alguns autores argumentarem que estes modelos não têm em conta os processos mentais que contribuem para moldar e produzir a experiência de tempo, surgiram modelos alternativos que tentam explicar a percepção de tempo.

Uma forma alternativa da representação do tempo é o temporizador de intervalo. O modelo que defende a existência deste componente pressupõe que existe uma população de unidades de tempo, cada uma especializada numa duração de tempo específica (Ivry & Hazeltine, 1995; cf. Kagerer, Wittmann, Szegel & Steinbuchel, 2002). A distinção entre o modelo de *pacemaker* e este pode ser ilustrada com o seguinte: se se considerar uma tarefa de produção (como o *finger tapping* periódico) no qual o intervalo-alvo é de 400 ou 600 milissegundos, para o modelo do *pacemaker* é empregue um processo comum periódico para cada uma das durações, requerendo, esta última condição, um

valor maior no acumulador antes de cada resposta, enquanto para o modelo do temporizador de intervalo seriam ativados diferentes elementos para as duas condições. Neste último caso, a ativação de um dos elementos resultaria em respostas de 400 a 400 milissegundos e a ativação de um elemento diferente ia responder a cada 600 milissegundos (Ivry, 1996). Os elementos podem ser considerados como unidades funcionais e corresponder a populações de sinais neurais que variam nas suas propriedades de ativação (Buonomano & Mauk, cf. Mangels & Ivry, 2001).

Este modelo é baseado fundamentalmente em durações de tempo mais curtas que um segundo e não foi examinado em humanos para longas durações (Kagerer, Wittmann, Szlag & Steinbuchel, 2002). No entanto, os modelos intervalares oferecem uma forma flexível de codificação temporal. Através da combinação de elementos temporais sintonizados amplamente, pode ser criada uma representação contínua da duração (os modelos de *pacemaker*, geralmente preveem que o desempenho irá refletir a operação de um processo periódico). A arquitetura neural proposta no sistema de temporizadores intervalares tem algumas limitações funcionais. Ao contrário dos *pacemakers*, que podem somar indefinidamente, os temporizadores de intervalo devem ser limitados no que diz respeito ao leque de intervalos que podem representar. É pouco provável que um sistema neural que fornece representações do tempo real através de diferenças nos eventos fisiológicos (como a soma temporal, a inibição local, ou a variação na eficácia sináptica) se possa estender para além de um segundo. O que pode ser hipotetizado é que o cerebelo fornece representações baseadas no intervalo, mas tem obrigatoriamente que trabalhar em conjunto com sistemas neurais adicionais quando a tarefa requiere o processamento temporal de uma duração mais longa (Mangels & Ivry, 2001).

Outro problema dos modelos baseados no intervalo é o facto destes não conseguirem originar estudos que mostrem uma relação inversa entre o *arousal* e a duração percebida. Este tipo de modelo foi desenvolvido para considerar mais os efeitos de variabilidade nas representações temporais do que os efeitos que indicam uma mudança na taxa à qual estas representações são adquiridas (Mangels & Ivry, 2001).

Uma forma de adaptar os modelos de temporizadores de intervalos de tempo, que se baseiam em atividade no cerebelo e os modelos do *pacemaker*, baseados no sistema nigroestriatal, é colocar a hipótese de que um processo *pacemaker* acontece quando a extensão temporal de um sistema de tempo intervalar é excedida. Em geral, os efeitos da dopamina, bem como de outras substâncias/estímulos que produzem um aumento do

arousal, foram avaliados em tarefas que usaram intervalos mais longos do que os que se pensam serem suportados pelos mecanismos de tempo intervalar. Outra hipótese de integração dos modelos nigroestriatal e cerebelar seria os temporizadores de intervalo fornecerem a informação temporal básica e as manipulações da dopamina alterarem o limiar associado à difusão desta informação temporal para o acumulador (Mangels & Ivry, 2001). O facto é que há evidências que sugerem que os níveis de dopamina influenciam o limiar no qual os eventos sensoriais acionam respostas motoras (Horvitz & Eyny, 2000; White, 1986; cf. Mangels & Ivry, 2001). Neste caso, se grandes níveis de dopamina tivessem efeito na redução do limiar na qual o portão para o acumulador era aberto, a acumulação de eventos temporais poderia ocorrer mais cedo e a uma taxa mais rápida. Assim, a mudança comportamental resultante seria semelhante à esperada se a velocidade do *pacemaker* aumentasse e vice-versa (Mangels & Ivry, 2001).

Para contrariar a ideia criada pelos modelos de relógio interno em que o sujeito tem um papel passivo que regista, quase de forma mecânica, o tempo real externo, também surgiram abordagens que consideram fatores cognitivos (quantidade de informação processada durante o intervalo cuja duração tem que ser estimada, complexidade dos estímulos processados, modo de armazenamento dos estímulos na memória, *load* da memória, nível de atenção do observador). A experiência de tempo pode ser, por isso, representada pela noção de tamanho de armazenamento, explicando a duração como uma construção mental formada pelo tamanho de armazenamento de informação num dado intervalo (isto é, é a informação que resta no armazém que determina a experiência de duração). Assim, qualquer aspeto que altere o tamanho do armazém de informação num dado intervalo afeta a experiência de duração desse mesmo intervalo, sendo que um aumento do número de intervalos dentro de um dado intervalo, o aumento da complexidade dos eventos, ou uma redução da eficiência no modo como os eventos são codificados e armazenados, pode prolongar a experiência de duração desse intervalo. É desta forma que são criadas as experiências de duração a partir das nossas memórias (Ornstein, 1969, cf. Marchetti, 2009).

O modelo apresentado tem algumas limitações ao nível do tipo de julgamento de duração a que se pode aplicar e não aborda todos os fatores que influenciam o tipo de julgamento de duração a que o modelo se refere. No que diz respeito ao tipo de julgamento de duração a que se refere, o modelo não é aplicável quando é utilizado um paradigma de duração prospetivo, porque prevê que o aumento do número de estímulos

que ocorrem num dado intervalo aumenta a experiência de duração do mesmo quando, nos julgamentos de tempo prospectivos, a experiência de duração encurta quanto maior for a informação processada. O modelo apresentado, referente aos julgamentos de duração retrospectiva, também não considera todos os fatores que influenciam os mesmos. O ser humano não baseia os julgamentos de duração retrospectivos apenas no grau de recordação dos eventos, mas invoca uma heurística viável através da qual se lembra de uma duração como sendo mais longa que a extensão de alguns eventos que ocorreram durante esse período de tempo (Block & Zakay, 2001, cf. Marchetti, 2009). Para além disso, as mudanças contextuais também influenciam a duração retrospectiva (uma maior duração de tempo implica grandes processos de mudanças contextuais) (Block & Reed, 1978, cf. Marchetti, 2009).

De facto, o que parece mais plausível atualmente é que se use apenas um mecanismo para perceber o tempo e não dois processos diferentes de acordo com o paradigma utilizado, como é defendido por alguns modelos de atenção. Por um lado, de um ponto de vista evolucionista, não parece viável que, para desempenhar a mesma atividade (neste caso, estimação de tempo) um organismo tenha que desenvolver dois sistemas e dois processos. Por outro, embora na condição retrospectiva se tenha que recorrer à memória, deve considerar-se que o recurso à mesma significa prestar atenção ao material armazenado (isto é, terá que se desempenhar uma determinada atividade atencional não temporal para experienciar novamente, de forma consciente, o material armazenado). Quando se estimam eventos que ocorreram no passado sente-se que os mesmos estão novamente a ser vividos (mesmo que por um curto período de tempo). Assim, é concebível que o julgamento retrospectivo de tempo seja determinado (pelo menos em parte) por aquilo que teria sido um julgamento de tempo prospectivo.

Fatores que influenciam a percepção de tempo

Os investigadores na área da percepção do tempo foram chegando à conclusão de que as teorias dos julgamentos de duração humanos não podem ser apenas vistas em termos de relógios e *pacemakers*, uma vez que os julgamentos de duração são também afetados por um número de variáveis cognitivas (método de estimação, condições do meio, *load* do processamento de informação durante o intervalo a ser julgado, importância do

juízo para o participante, expectativa do participante, entre outros) (Zakay & Block, 1996, cf. Craik & Hay, 1999), e é difícil verificar de que modo essas variáveis afetam um mecanismo puramente biológico (Craik & Hay, 1999).

Em termos biológicos, há evidências de que os anti-depressivos e calmantes que atuam ao nível do sistema nervoso central estejam associados a reduções nas estimativas verbais e, portanto, com o retardamento do relógio interno, enquanto os estimulantes do sistema nervoso central têm o efeito oposto (Meck, 1996). Há ainda estudos farmacológicos em humanos que indicam que a estimativa de tempo é sensível aos efeitos agudos da nicotina (Carrasco, Redolat & Simón, 1998).

A idade também influencia a percepção que se tem do tempo. O envelhecimento saudável parece estar associado a estimativas de tempo alteradas, sendo que são as mudanças nas regiões frontais do cérebro que parecem mediar este efeito (Gunstad, Cohen, Paul, Luyster & Gordon, 2006). Assim, o envelhecimento é acompanhado por um retardamento das componentes dos processos de muitas tarefas cognitivas, nomeadamente do processamento temporal, que envolvem a memória de trabalho, a recuperação da memória explícita (Light, 1991, cf. Block, Zakay & Hancock, 1998), e a atenção dividida (Salthouse, Rogan & Pfill, 1984). Os adultos mais velhos afirmam, geralmente, que o tempo parece passar a uma taxa mais rápida na sua idade atual do que passava quando eram mais novos (Schroots & Birren, 1990; cf. Craik & Hay, 1999; Fraisse, 1984). Uma das primeiras hipóteses explicativas para isto é que cada período de tempo constitui uma pequena fração da nossa vida como um todo, isto é, a duração aparente de um intervalo numa determinada idade é proporcional à duração total da vida da pessoa. Por exemplo, uma criança com cinco anos sente um ano como um quinto da sua vida inteira, enquanto um homem de sessenta anos sente como 1/60 (James, 1890, cf. Mădălina, 2011). O que alguns autores concluíram é que alguns relógios biológicos abrandam progressivamente como função do aumento de idade, dando assim origem ao sentimento subjetivo de que o tempo externo passa sempre mais rápido (Craik & Hay, 1999). No entanto, há investigadores que afirmam que existe, de facto, uma grande variabilidade na estimativa temporal associada à idade, mas não de abrandamento ou aceleração do relógio interno, apoiando a ideia de que não há um viés temporal sistemático associado ao envelhecimento normal (Gunstad, Cohen, Paul, Luyster & Gordon, 2006). Em termos cognitivos, as pessoas mais velhas são mais penalizadas pela necessidade de dividir a atenção entre uma tarefa e o juízo temporal e, por isso,

dedicam menos atenção à passagem do tempo (Craik & Hay, 1999). A realidade é que a relação observada entre a idade, a estimação da duração, e o desempenho noutras tarefas executivas e atencionais sugere que, com o envelhecimento saudável, os julgamentos de tempo estão intimamente ligados a estes processos, podendo constituir um elemento do funcionamento executivo (Gunstad, Cohen, Paul, Luyster & Gordon, 2006).

A nível cognitivo, quanto mais exigentes ou complexas forem as tarefas não temporais, mais curtas são as estimações de duração verbais (Hicks et al., 1976, cf. Craik & Hay, 1999; Block & Zakay, 1997). Os investigadores concordam que a duração experienciada decresce à medida que a dificuldade da tarefa de processamento de informação não temporal aumenta (Block & Zakay, 1997; Block, Zakay & Hancock, 1998). Para além disso, o intervalo de tempo é influenciado pela modalidade do estímulo, sendo que, se assumirmos a existência de um mecanismo de relógio interno, a taxa do relógio é dez por cento mais lenta para os estímulos visuais que para os estímulos auditivos (Droit-Volet, Turret & Wearden, 2004; Droit-Volet, Meck & Penney, 2007; Wiener, Coslett, 2008). Em tarefas de estimação temporal o que se verifica é que as respostas são mais curtas para estímulos visuais ao serem comparadas com respostas a estímulos auditivos.

Em termos de variáveis psicológicas, o humor pode alterar a percepção do tempo (Gupta & Khosla, 2006; Westfall, Jasper & Zelmanova, 2010). Há algumas perturbações mentais que podem influenciar a percepção do tempo, tal como é o caso da hiperatividade com défice de atenção (Barkley, Murphy & Bush, 2001, cf. Lueck, 2007). Os défices de percepção de tempo têm sido também relacionados à impulsividade (Barratt, 1983, cf. Bagana & Raciú, 2012; Berlin et al., 2004), aos sintomas depressivos (Bech, 1975, cf. Bagana & Raciú, 2012) e à ansiedade (Sévigny, Everett & Grondin, 2003), podendo esta última estar relacionada com a diminuição do controlo atencional em sujeitos ansiosos (Bar-Haim, Kerem, Lamy & Zakay, 2010). A ansiedade tem sido muito ligada à percepção de tempo, sendo que há estudos que apoiam a ideia de que o medo e a ansiedade estão relacionados com a sobrestimação dos intervalos de tempo (Lake & LaBar, 2011). A ansiedade pode ser definida por um estado de medo prolongado ou *arousal* em resposta a uma ameaça que é ambígua ou inespecífica (Lang, Davis & Öhman, 2000). Tende a ser a sua própria causa e está frequentemente assíncrona com a realidade (Barlow, 1988, cf. Lueck, 2007), sendo uma característica que está ligada à personalidade dos indivíduos (Bagana & Raciú, 2012). Há dois tipos

de ansiedade, sendo a ansiedade de estado semelhante ao *arousal*, uma vez que é um estado temporário de excitabilidade fisiológica que aumenta e diminui de acordo com incidências específicas (Lueck, 2007), resultando de estímulos externos. A ansiedade de traço é uma característica mais estável que representa quão inclinado um indivíduo está para se tornar stressado. Os níveis de ansiedade de traço são maiores para aqueles que são mais facilmente induzidos a um estado de apreensão e de maus presságios (Bagana & Raciú, 2012).

Relativamente à modalidade do estímulo, o que se conclui é que são requeridos mecanismos diferentes para respostas de processamento intervalar a estímulos visuais e aditivos (Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009).

Bases neuroanatômicas da percepção de tempo

A possibilidade das pessoas comunicarem usando somente o código temporal (que acontece quando duas pessoas recebem e enviam mensagem em código Morse) é uma evidência de que o sistema nervoso desenvolveu mecanismos sofisticados para informar acerca do tempo e processar informação temporal (Buonomano & Laje, 2010). Há muitos exemplos de fatores metabólicos e ambientais que afetam o julgamento temporal, mas muito pouco trabalho foi feito que explore as diferenças individuais na percepção do tempo. Embora muito do terço posterior do cérebro primata esteja intimamente envolvido na representação do espaço para a percepção e ação, não é facilmente identificada uma especialização comparável para o processamento temporal (Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009). Embora as síndromes clínicas atribuídas à rutura do processamento espacial sejam bem conhecidas, as perturbações caracterizadas por um déficit primário no processamento temporal começam a ser cada vez mais elucidadas, em parte devido à contribuição dos estudos animais e dos casos de lesão em humanos, sendo também crescente a contribuição dos métodos de imagem neste campo (Macar et al., 2002). Ainda assim, as bases anatômicas do processamento temporal permanecem controversas, em parte por causa da variedade de paradigmas diferentes que têm sido empregues tanto em sujeitos normais como em sujeitos com lesões cerebrais (Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009).

Os distúrbios associados à percepção de tempo já foram demonstrados em estudos com doentes com danos em regiões corticais. Alguns estudos de imagem funcional e de Estimulação Magnética Transcraniana incluíram o córtex pré-frontal dorsolateral e o córtex parietal inferior (Harrington, Haaland & Knight, 1998), sendo o córtex frontal e parietal direitos fundamentais no processamento de informação temporal (Harrington, Haaland & Hermanowicz, 1998, cf. Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009). O que se verifica nos doentes com lesões no lobo frontal é que há sobrestimação de intervalos de tempo, especialmente nas curtas durações (até aos trinta segundos). Os défices frontais severos também podem conduzir a grande variabilidade nos julgamentos temporais do tempo (Gunstad, Cohen, Paul, Luyster & Gordon, 2006), sendo esta variação explicada pelo envolvimento de estruturas do lobo frontal na memória de trabalho e na atenção (Perbal, Couillet, Azouvi & Pouthas, 2003). Outros estudos enfatizam o papel da área motora suplementar (Macar et al., 2002, 2004; Coull, Vidal, Nazarian & Macar, 2004), que está funcionalmente conectada como componente primário a um circuito neural fronto-subcortical recíproco (Geyer, 2004, cf. Gunstad, Cohen, Paul, Luyster & Gordon, 2006). Nos doentes com lesões no córtex pré-frontal dorsolateral o que se verifica é um pobre desempenho em tarefas de discriminação de julgamentos de duração e em condições de *dual-task* (Casini & Ivry, 1999, cf. Craik & Hay, 1999). O córtex pré-frontal parece estar relacionado com a experiência temporal de curta duração e facilitar funções de apoio associadas com a organização das representações temporais na memória de trabalho (Nichelli, 1993, cf. Binkofski & Block, 1996), com a aquisição, manutenção e monitorização (Fuster, 1973; Mangels, Ivry & Shimizu, 1998) da informação temporal. O processo de manutenção do tempo também parece ser significativamente influenciado pela atividade dos núcleos da base (Coull, Frith, Büchel & Nobre, 2000).

Os distúrbios associados à percepção do tempo não são um problema genérico associado ao dano neurológico. As dissociações entre tarefas que requerem a análise temporal e não temporal de eventos perceptivos semelhantes indicam que as componentes modulares do relógio podem estar seletivamente danificadas. Este tipo de dissociações já foi encontrado em doentes com danos em regiões subcorticais, com maior incidência nos núcleos da base e no cerebelo lateral (Casini & Ivry, 1999; Harrington & Haaland, 1998, cf. Mangels & Ivry, 2001; Ivry, Keele & Diener, 1988; Malapani et al., 1998; Nichelli, Alway & Grafman, 1996; Ivry & Keele, 1989). Assim, estruturas como os

núcleos da base (nomeadamente os neurónios dopaminérgicos que os constituem) ou o cerebelo, que têm sido consideradas predominantemente como áreas relacionadas com o movimento, estão também envolvidas em tarefas temporais (independentemente da tarefa temporal usada). Por exemplo, os movimentos atáxicos, um dos sinais basilares de disfunções cerebelares, são resultado de um processamento de tempo inapropriado de pares de músculos antagonistas (Hallett, Shahani & Young, 1975). O cerebelo tem demonstrado ter um papel nos processos de processamento temporal não diretamente relacionados com o *output* motor (Ivry e Keele, 1989). Esta informação está em conformidade com dados neuropsicológicos que revelam que lesões nos núcleos da base (Harrington, Haaland & Knight, 1998; Rammsayer & Classen, 1997; Artieda et al., 1992, Harrington & Haaland, 1999, cf. Macar et al., 2002) e no cerebelo (Ivry & Keele, 1989; Nichelli, Alway & Grafman, 1996; Malapani et al., 1998) podem produzir défices em tarefas de discriminação temporal. O nível de ativação do cerebelo parece aumentar quando são reproduzidas sequências de tempo novas. Assim, o cerebelo pode ter um papel de comparador ou de detetor de erros, reafirmando as suas funções tanto de integração sensorial como de aprendizagem motora (Penhune, Zatorre & Evans, 1998). Há um modelo que sugere a participação do cerebelo na monitorização e ajustamento do *input* do córtex cerebral (Bower, 1997, cf. Harrington et al., 2004). O cerebelo tem sido considerado por muitos autores como a região que tem funções de *pacemaker*, sendo a localização lógica para um relógio interno para as durações curtas (Harrington, Lee, Boyd, Rapcsak & Knight, 2004; Ivry & Spencer, 2004).

A evidência que apoia a hipótese de um *pacemaker* começou por vir de estudos farmacológicos, com o foco do trabalho centrado no sistema dopaminérgico nigroestriatal, estando este sistema envolvido na fase do *pacemaker*-acumulador, e o sistema acetilcolinérgico associado às fases de atenção temporal e de memória (Meck, 1996). Muitos estudos mostraram que as manipulações dopaminérgicas podem distorcer o tempo de uma forma consistente com a mudança na velocidade de operação de um *pacemaker* endógeno. Por exemplo, os indivíduos com esquizofrenia, que têm altos níveis de dopamina endógena, parecem experienciar o tempo subjetivo como passando mais rápido que o tempo objetivo (Wahl & Sieg, 1980, cf. Mangels & Ivry, 2001). O papel do sistema dopaminérgico estriato-estriatofrontal no processamento do tempo tem sido estabelecido com base em lesões cerebrais e manipulações farmacológicas em estudos animais (Gibbon, Malapani, Dale & Gallistel, 1997; Meck, 1996). A área

motora suplementar faz parte da via estriato-frontal, recebendo aferências importantes de estruturas estriatais via tálamo ventrolateral, e envia projeções diretas ao *putamen* e ao núcleo caudado (Jürgens, 1984, cf. Macar et al., 2002). A dopamina não é a única substância psicoativa capaz de produzir distorções do tempo percebido em tarefas prospectivas. Há estimulantes como a cafeína e a nicotina (que atuam nos sistemas de neurotransmissão não catecolaminérgicos) que também influenciam a percepção do tempo, conduzindo à sobrestimação verbal, o que é consistente com um aumento da taxa do relógio interno (Mangels & Ivry, 2001).

Embora haja evidências convergentes dos estudos de neuroimagem que suportam o envolvimento destas regiões corticais e subcorticais numa rede de processamento temporal (Jueptner et al., 1995; Rao et al., 1997), determinar as funções específicas de áreas particulares tem sido mais difícil. São poucos os estudos neuropsicológicos que manipulam sistematicamente variáveis como o intervalo temporal, a memória, a atenção, ou a estratégia, que podem servir para dissociar diferentes módulos de processamento e determinar como é que eles interagem (Mangels & Ivry, 2001).

Apesar do envolvimento cortical no processamento temporal de intervalos que excedam poucos segundos tenha sido raramente investigado, sabe-se que a codificação a longo-prazo da informação temporal requer não só a ativação dos núcleos da base (Coull, Frith, Büchel & Nobre, 2000) como também o funcionamento intacto do hipocampo e de outras estruturas médias do lobo temporal, trabalhando em conjunto com informação fornecida pelo córtex pré-frontal (Binkofski & Block, 1996). Assim, o que se pode assumir é que existe um circuito cerebral que nos permite marcar os intervalos de tempo e que envolve um *loop* desde o córtex ao estriado, até ao tálamo, e volta ao córtex novamente (Hinton & Meck, 2004; Marchetti, 2009). E o facto é que o córtex pré-frontal dorsolateral, o córtex parietal inferoposterior, o córtex do cíngulo posterior, e os núcleos da base estão reciprocamente inter-conectados e constituem uma rede neural que medeia uma variedade de funções neurais (Alexander, DeLong & Strick, 1986; Selemon e Goldman-Rakic, 1988), incluindo o processamento de tempo (Onoe, Komori, Onoe, Takechi, Tsukada, & Watanabe, 2001). Também temos um mecanismo que envolve o núcleo supraquiasmático que serve para sincronizar, com bastante precisão, as funções corporais com os ciclos diários e noturnos, ajudando a programar o hábito diário de dormir à noite e acordar de manhã, e dirige as flutuações diárias da pressão sanguínea, da temperatura corporal, e outros ritmos nucleares (Marchetti, 2009).

Já foi há mais de cem anos que se fez uma distinção fundamental entre o processamento de intervalos de tempo menores que quinhentos milissegundos em relação a intervalos mais longos (Musterberg, 1889, cf. Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009). Embora tenha havido discordância no que se refere ao limite preciso entre intervalos de tempo curtos e longos, a hipótese de que o processamento de tempo de intervalos curtos é automático, enquanto o processamento de intervalos de tempo longos está sob o controlo cognitivo e que estes processos têm diferentes bases neurais foi já apoiada por vários investigadores (Rammsayer & Lima, 1991; Lewis & Miall, 2003; Kagerer, Wittmann, Szlag & Steinbuchel, 2002) e todas as observações sugerem que os intervalos curtos e longos são processados por diferentes redes neurais. De facto, há diferenças significativas entre o desempenho aos dois segundos comparando com intervalos mais longos. Por exemplo, a reprodução de tempo num intervalo de multi-segundos é processada por dois processos qualitativamente diferentes. Sujeitos com lesões cerebrais direitas exibem diferentes desempenhos com intervalos de três segundos ou menores comparando com os três segundos e meio ou mais (Kagerer, Wittmann, Szlag & Steinbuchel, 2002). De acordo com alguns investigadores, o limite temporal entre o processamento automático e cognitivo deve ser mais longo que o intervalo de um segundo (Lewis & Miall, 2003; Ivry & Spencer, 2004). Uma especulação alternativa é que deve haver um intervalo de transição durante o qual o processamento não é claramente automático nem cognitivo, mas que emprega cada uma ou ambas as rotinas em resposta às exigências da tarefa, ao alcance dos intervalos avaliados na tarefa, ou a outros fatores (Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009).

Os indivíduos são frequentemente caracterizados simplesmente como destros ou canhotos. É importante ter em conta a investigação que indica cada vez mais que o grau de lateralização (ser fortemente lateralizado vs. utilizar as duas mãos, ou seja, usar a mão não dominante para pelo menos algumas atividades) pode ser mais importante que uma direção da lateralização (Westfall, Jasper & Zelmanova, 2010). Há várias diferenças constatadas entre indivíduos com lateralidades diferentes no desempenho em algumas atividades e até em alguns comportamentos (Jasper & Christman, 2005; Christman, Jasper, Sontam & Cooil, 2007; Westfall, Jasper & Zelmanova, 2010), sendo a percepção subjetiva da passagem do tempo diferente entre indivíduos com uma direção de lateralidade e os ambidestros, uma vez que os ambidestros parecem sobrestimar pequenos períodos de tempo e subestimar longos períodos de tempo (Westfall, Jasper &

Zelmanova, 2010). Conceptualmente, estas diferenças individuais como função do grau de lateralidade têm sido interpretadas em termos de um aumento da interação entre os hemisférios cerebrais esquerdo e direito nos ambidestros, de acordo com descobertas que reportam que o aumento da força da lateralidade está associado ao decréscimo de tamanho do corpo caloso (Clarke & Zaidel, 1994; Cowell, Kertesz & Denenberg, 1993; Witelson & Goldsmith, 1991; cf. Westfall, Jasper & Zelmanova, 2010). Embora os dois hemisférios estejam implicados no processamento temporal, parecem ser responsáveis por diferentes funções ou aspetos da percepção do tempo. Muitos estudos sugerem que o hemisfério direito tem uma relevância particular no processamento temporal (Rubia & Smith, 2004; Kagerer, Wittmann, Szelag & Steinbuechel, 2002; Jones, Rosenkranz, Rothwell & Jahanshahi, 2004), por exemplo na integração espaço-temporal, diretamente ligada à estimação do tempo (Westfall, Jasper & Zelmanova, 2010). Outros defendem ainda que as redes corticais do hemisfério direito (nomeadamente no córtex pré-frontal inferior e dorsolateral) estão focadas no processamento temporal, especialmente em intervalos de milissegundos a segundos (Belin et al., 2002; Rubia & Smith, 2004). Por outro lado, há estudos que constatarem descobertas discrepantes como o facto de ser o córtex dorsolateral esquerdo e não o direito a estar relacionado com a mediação da duração do estímulo (Jech, Dušek, Wackermann, Vymazal, & 2005; cf. Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009) e de haver ativação pré-frontal esquerda em tarefas de processamento temporal (Kawashima et al., 2000; Hinton & Meck, 2004; Harrington et al., 2004; Rubia et al., 1998), afirmando ainda que este hemisfério tem vantagem no processamento temporal no intervalo de milissegundos por causa da especialização hemisférica da linguagem (Elias, Bulman-Fleming & McManus, 1999). Há igualmente estudos que não reportam diferenças significativas do desempenho entre os dois hemisférios no processamento temporal (Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009).

No que diz respeito às diferenças entre sexos no processamento temporal, os estudos não fornecem evidências conclusivas para assimetrias cerebrais detalhadas, sendo esta uma temática que ainda não está totalmente esclarecida. No entanto, há dados que sugerem que em algumas condições (como, por exemplo, na estimação verbal do tempo baseada em sinais auditivos) há diferenças de sexo que sugerem que os homens são mais precisos na estimação de tempo prospetiva (Dolu et al. 2004), havendo por isso pequenas mas significativas diferenças entre géneros (Block, Hancock & Zakay, 2000).

A variedade de tarefas e comportamentos que dependem do processamento temporal é tão vasta, desde simples tarefas sensoriais (discriminação de intervalos, durações e do movimento) a formas complexas de processamento sensorial (reconhecimento da fala ou tarefas motoras, como tocar piano) e ritmos diários e sazonais (apetite e ciclos noturnos e diários) e as áreas cerebrais potencialmente envolvidas (nos núcleos da base, cerebelo, córtex) são tantas e tão diferentes que é praticamente impossível identificar nelas e através delas o princípio comum, mecanismo ou substrato no qual a experiência reside. Existem múltiplas estruturas, distribuídas de forma ampla, que podem ter implicações no processamento temporal (Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009). Por exemplo, o mecanismo do relógio pode ser criticamente dependente de estruturas subcorticais como o cerebelo ou os núcleos da base. Outras faculdades que são cruciais para o processamento temporal como a memória de trabalho, a atenção, e o planeamento motor podem ser distribuídas através de múltiplas regiões corticais. O grau com que as regiões cerebrais específicas parecem estar implicadas em tarefas de processamento temporal pode ser um reflexo das variáveis complexas que interagem como o comprimento do intervalo, o grau no qual a atenção e a memória de trabalho são requeridas e a extensão na qual a resposta requer planeamento motor. A inconsistência dos estudos que se debruçam sobre as bases neuroanatômicas da percepção temporal pode, desta forma, ser devida, pelo menos em parte, ao grau no qual as tarefas se baseiam nestas diferentes faculdades (Coslett, Shenton, Dyer & Wiener, 2009). Em suma, tudo (quer sejam neurónios, agregados de células, o cerebelo, o córtex cerebral) é intrinsecamente temporal e funciona com uma base temporal e, por isso, o tempo não está em lugar nenhum (Marchetti, 2009). Devido a isto, alguns neurocientistas preferem abandonar uma abordagem puramente localizacionista e substituí-la por uma abordagem de processamento de informação. Assim, o processamento temporal pode ser visto como independente de mecanismos especializados, sendo os circuitos neurais inerentemente capazes de processar informação temporal como resultado de mudanças dependentes do estado na dinâmica de rede. Há ainda a hipótese de as informações temporal e espacial serem, na sua maioria das vezes, processadas de forma conjunta pelos mesmos circuitos (Mauk & Buonomano, 2004).

Tarefas usadas para estudar a perceção do tempo: a estimação temporal

Há várias tarefas que podem ser utilizadas para estudar a perceção do tempo, sendo que tipicamente se usam as tarefas de reprodução, produção ou estimação de tempo.

Na produção de tempo, é verbalmente transmitida ao sujeito a duração que este deve produzir (por exemplo, desligar a luz após a passagem de um intervalo de tempo de trinta segundos) (Schmitter-Edgecombe & Rueda, 2008).

A reprodução do tempo envolve a experiência de um intervalo de tempo e posterior manutenção desse padrão na memória de forma a que o sujeito possa demarcar um período de tempo com o mesmo comprimento (Schmitter-Edgecombe & Rueda, 2008). Este método baseia-se na comparação de experiências e não em unidades de tempo convencionais (Block, Hancock & Zakay, 1998).

A estimação cognitiva é uma capacidade que envolve a tentativa de fornecer uma resposta razoável a uma questão para a qual a resposta específica não está disponível ao sujeito (Liss, Fein, Bullard & Robins, 2000). Assim, a pessoa experiencia um intervalo e depois deve traduzir a sua experiência do intervalo numa estimativa, usando unidades convencionais (geralmente em minutos ou segundos) (Schmitter-Edgecombe & Rueda, 2008). É, por isso, uma capacidade funcional, importante para a vida autónoma que envolve uma análise ao problema, recuperação de factos específicos, criação de respostas possíveis, avaliação das respostas de acordo com o conhecimento do mundo, e auto-monitorização (Liss, Fein, Bullard & Robins, 2000). Para a estimação verbal de uma duração pode ser usado, em termos metodológicos, um paradigma prospetivo, no qual o sujeito tem conhecimento prévio acerca da necessidade de estimar um período de tempo, ou um paradigma retrospectivo, onde o sujeito não sabe com antecedência que irá fornecer uma estimação temporal. A magnitude e a variabilidade inter-individual dos julgamentos de duração dependem criticamente da diferença de paradigma dos julgamentos de duração (Block & Zakay, 1997). Muitas das investigações que usam o paradigma retrospectivo revelam problemas metodológicos ou contêm estatísticas insuficientes (Block, Hancock & Zakay, 1998).

A estimação cognitiva envolve muitos processos cognitivos complexos que incluem o planeamento, a memória de trabalho, o controlo mental, a auto-monitorização e a auto-correcção, que se pensam pertencer às funções executivas (Shallice & Evans, 1978). A estimação de tempo requer ainda processos de atenção e de tomada de decisão, sendo estes, juntamente com a memória, hipoteticamente necessários para o acesso consciente

à informação temporal com a finalidade de orientar o comportamento. Tal como já foi referido, como as tarefas não temporais exigem atenção, menos atenção será prestada ao tempo decorrido caso a tarefa não temporal seja aplicada simultaneamente à tarefa temporal. Assim, a quantidade de informação temporal que chega à memória de trabalho é reduzida, resultando numa estimativa mais pequena do tempo decorrido (Mangels & Ivry, 2001). Durante uma tarefa nova, difícil ou complexa, as pessoas experienciam o tempo como mais curto, enquanto durante uma tarefa simples, elas têm mais recursos disponíveis para processar a informação temporal e, por isso, percebem o tempo como mais longo (Eagleman, 2008, cf. Mădălina, 2011). Percebe-se, desta forma, que o sujeito irá fazer erros de subestimação e sobrestimação que são tipicamente proporcionais à dificuldade da tarefa não temporal (Brown, 1997). Para além disso, a variabilidade também pode aumentar porque o conflito de escolha da atenção entre a tarefa temporal e não temporal não é sempre consistente (Mangels & Ivry, 2001).

Os investigadores concordam que se um evento demora mais que uns milissegundos, as pessoas são capazes de experienciar, recordar e estimar a sua duração (Block, 1989, cf. Mădălina, 2011).

Tanto a estimacão verbal como a produçãõ envolvem uma experiênciã de duraçãõ comparativa com a informaçãõ interna (memória de referênciã). Tal como na estimacão verbal, a produçãõ requere uma traduçãõ mas, neste caso, é na direçãõ oposta, ou seja, de uma duraçãõ objetivamente definida para uma duraçãõ subjetivamente experienciada (Block, Hancock & Zakay, 1998). As tarefas de estimacão verbal, ao contrário dos outros dois tipos de tarefa, não estão sujeitas a confusãõ por variáveis externas como o desejo de terminar a experiênciã mais cedo, a impaciênciã, ou a incapacidade de atrasar uma resposta como é o caso da impulsividade (Schmitter-Edgecombe & Rueda, 2008). Para além disso, tem sido argumentado que a estimacão verbal é o método preferível para estudar o sentido da passagem do tempo (Kinsbourne, 2000, cf. Schmitter-Edgecombe & Rueda, 2008).

Há três métodos clássicos usados para evitar a contagem nas tarefas de estimacão de tempo: o fornecimento de instruções verbais que clarifiquem a não contagem do tempo, a supressão articulatória e a administração de uma tarefa de interferência. No que respeita às diferenças entre as várias condições, a tarefa de interferência distorce mais a percepção de tempo e aumenta a variabilidade na estimacão temporal de grande extensão do que a supressão articulatória, tal como a condição de instruções para não se contar.

Por outro lado, a supressão articulatória produz mais ruído no resultado comportamental do que a condição de instrução para não contar. Em suma, embora todos os métodos tenham as suas desvantagens, as instruções para não contar constituem atualmente o método mais simples e mais eficiente de prevenir a contagem nas tarefas temporais (Mădălina, 2011; Rattat & Volet-Droit, 2012).

A neurociência da música

Todas as sociedades humanas têm música, sendo que esta parece ter emergido espontaneamente em todas elas (Peretz, 2001). A música é um dos domínios sociocognitivos mais antigos e mais básicos da espécie humana (Koelsch & Siebel, 2005), podendo pertencer mais à biologia humana que à cultura humana (Peretz, 2001). Ao longo de toda a história da humanidade, em todas as culturas, houve pessoas a tocar e a apreciar música. Só os humanos aprendem a tocar instrumentos musicais, e só eles tocam instrumentos em grupo. O desempenho musical é uma das mais complexas e cognitivamente desafiantes tarefas dos seres humanos (Parsons, Sergent, Hodges & Fox, 2005), já que empreende todos os processos cognitivos, tornando a música uma ferramenta ideal para investigar os processos do cérebro humano (Koelsch & Siebel, 2005). Franz Joseph Gall (1758-1828) sugeria a existência de um órgão especial no cérebro dedicado à música, nas primeiras explorações acerca da cognição musical e das origens do talento musical (Gall, 1835, cf. Norton et al., 2005). Hoje sabe-se que a cognição musical está isolada, funcional e neuroanatomicamente, do resto do sistema cognitivo, isto é, as redes musicais não parecem estar intercaladas com as redes que processam outros padrões cognitivos complexos (Peretz, 2001). Assim, as capacidades musicais são estudadas como parte de um módulo mental distinto com os seus próprios procedimentos e bases de conhecimento, que estão associados a substratos neurais separados. Desta forma, a investigação da capacidade musical tende a aderir ao conceito de modularidade das funções cognitivas como Fodor a formulou (Peretz & Coltheart, 2003).

Na primeira década do século XXI houve um aumento extraordinário do número de publicações acerca do modo como o cérebro processa a música, de uma perspectiva neurocientífica. Há um campo relativamente novo de investigação, que é a neurociência

da música e que está ativamente próspero (Miranda, 2010). De facto, a música é um domínio especialmente interessante, porque, por um lado, oferece uma oportunidade única para compreender melhor a organização do cérebro humano, já que só uma minoria de indivíduos é que se tornam músicos proficientes e, por outro lado, esta particularidade da distribuição das capacidades adquiridas confere à música um papel privilegiado na exploração da natureza e extensão da plasticidade cerebral (Peretz & Zatorre, 2005). Para além disso, a música é também o domínio ideal para o estudo da conectividade cerebral, já que envolve todas as principais regiões do cérebro. Por fim, uma vez que os mecanismos neurais envolvidos na música têm também um papel crucial noutros aspetos como o discurso e a linguagem (a música e a linguagem estão intimamente conetadas em fases precoces da vida, devido ao facto de existir atividade neural que sobrepõe as regiões cerebrais relacionadas com essas funções), o controlo motor, a emoção, entre outros, a investigação da neurociência da música pode levar à criação de novos programas paliativos, médicos, ou de reabilitação com o uso da música (Wetter, Koerner & Schwaninger, 2009; Miranda & Overy, 2009).

O facto é que as evidências indicam que o cérebro dos músicos profissionais tem algumas diferenças do de pessoas sem treino musical. O cérebro dos sujeitos que praticam música passa por variações estruturais dependentes do uso durante um período crítico de maturação cerebral (Gaser & Schlaug, 2003; Norton et al., 2005; Schlaug, Jäncke, Huang & Steinmetz, 1995). A música induz variações não só estruturais mas também funcionais de certas regiões cerebrais, o que acarreta várias implicações. Alguns estudos sugerem que a introdução de treino musical antes dos sete anos é crucial para o desenvolvimento das estruturas cerebrais (Schlaug, Jäncke, Huang, Staiger & Steinmetz, 1995). Há algumas diferenças que se constata desde muito cedo em crianças que estão ligadas à música e crianças que não estão. Por exemplo, há uma correlação significativa entre o treino musical contínuo e o desempenho intelectual global na escola para crianças entre os nove e os doze anos de idade, sendo bastante relevante a duração do treino musical (Wetter, Koerner & Schwaninger, 2009). Por exemplo, a capacidade matemática pode estar aumentada devido à compreensão de notação rítmica que requiere o reconhecimento de padrões e uma compreensão de proporção, razão, frações e subdivisão (uma semibreve, por exemplo, tem o dobro do comprimento de uma semínima). Já o melhor desempenho nas capacidades de consciência fonética e de leitura pode ser melhor, porque tanto o processamento da

música como o da linguagem requerem a capacidade de segmentar fluxos de som em pequenas unidades perceptuais (Overy, 2003) e partilham alguns substratos neurais (Koelsch et al., 2004; Patel, 2003). A um nível anatômico e num patamar de indivíduos adultos, os músicos, comparados com os não-músicos, tendem a ter (pelo menos em termos relativos) estruturas mais largas em certas áreas do cérebro (Wetter, Koerner & Schwaninger, 2009). Por exemplo, os músicos de cordas têm representações corticais mais largas para os dedos da mão esquerda mas não da direita, o que sugere que o uso extensivo destes dedos serviu para alargar a área cortical dedicada ao seu uso (Elbert, Pantev, Wienbruch, Rockstroh & Taub, 1995). O treino musical está ainda associado ao aumento de matéria cinzenta em algumas áreas do córtex motor primário, do córtex parietal superior (Gaser & Schlaug, 2003), da circunvolução temporal superior anterior (predominantemente no hemisfério esquerdo) (Koelsch & Siebel, 2005), do cerebelo (Gaser & Schlaug, 2003; Hutchinson, Lee, Gaab & Schlaug, 2003) e a um maior volume na parte anterior do corpo caloso (Lee, Yi Chen & Schlaug 2003; Schlaug et al., 1995), sendo este maior nos músicos que começaram o treino antes dos sete anos de idade.

No que concerne ao funcionamento cerebral dos músicos profissionais, os músicos parecem recrutar mais tecido neural ou usá-lo mais eficientemente que os não músicos (Peretz & Zatorre, 2005). As mudanças cerebrais estruturais e funcionais entre músicos e não músicos estão associadas à aquisição e prática de novas capacidades, sendo que as diferenças na estrutura cerebral variam com os comportamentos exigidos pelo ambiente. Estudos em animais e humanos têm constatado que a prática a longo prazo de certas capacidades pode levar a pequenas mudanças cerebrais estruturais ou alargamentos regionais (Norton et al., 2005) e a verdade é que, com vinte e um anos, os músicos profissionais já passaram, aproximadamente, dez mil horas a treinar música (Ericsson, Krampe & Tesch-Romer, 1993). As evidências mostram que estas diferenças podem ser ainda maiores nos músicos que iniciaram o seu treino musical numa idade precoce (Elbert, Pantev, Wienbruch, Rockstroh & Taub, 1995; Schlaug, Jäncke, Huang, Staiger & Steinmetz, 1995), embora haja estudos que demonstram que, para algumas áreas cerebrais, o mais importante é a intensidade do treino e não a idade em que este começou. Desta forma, as diferenças entre músicos e não músicos podem correlacionar-se sobretudo com a intensidade do treino musical ao longo da vida (Gaser & Schlaug, 2003; Schneider et al., 2002; Hutchinson, Lee, Gaab & Schlaug, 2003). Estas

descobertas fornecem suporte à plasticidade e aprendizagem como possível explicação das diferenças nos cérebros dos músicos (Norton et al., 2005).

Há muitas teorias que sugerem um único fator como a componente necessária à aquisição de *expertise* numa dada área, tratando-se do treino deliberado (Ericsson, Nandagopal & Roring, 2005). O efeito que o treino (ou a aquisição de capacidades) num domínio pode ter nas capacidades e nos desempenhos cognitivos noutros domínios é comumente referida como transferência. A forma mais habitualmente observada de transferência ocorre quando há uma estreita semelhança entre o domínio de treino e o domínio da transferência (transferência próxima). Por exemplo, aprender um instrumento musical e desenvolver capacidades motoras finas e capacidades de discriminação melódica e rítmica. Embora só os estudos experimentais longitudinais possam demonstrar a transferência, os resultados de muitos estudos correlacionais têm sido usados para sugerir que a transferência pode ocorrer do treino musical para outros domínios. A evidência de transferências entre domínios distintos (transferência distante) do treino musical tem sido observada em áreas do desempenho espacial e visuoespacial, verbal, matemático, bem como no QI geral (Forgeard, Winner, Norton & Schlaug, 2008; Schellenberg, 2001, 2004, 2006). Também já foi demonstrado que os músicos são menos lateralizados para a atenção visuoespacial do que os não músicos, o que sugere que os músicos podem desenvolver uma capacidade aumentada do hemisfério esquerdo para desempenhar funções cognitivas que são geralmente dominantes no hemisfério direito (Patson, Corballis, Hogg & Tippet, 2006). As questões que se levantam e que ainda estão pouco investigadas referem-se à extensão com que o treino modifica a maneira como a música é processada e organizada no cérebro (Peretz & Zatorre, 2005) e aos mecanismos neurais que explicam os efeitos benéficos da música na cognição (Särkämö et al., 2008).

Um dos domínios cognitivos que parece estar mais aprimorado nos músicos profissionais é o respeitante às funções executivas. As funções executivas são intrínsecas à capacidade de responder de uma maneira adaptativa a novas situações e são a base de muitas competências sociais, emocionais e cognitivas (Lezak, Howieson & Loring, 2004).

A percepção de tempo nos músicos

Há um grande número de capacidades que exigem o sentido de percepção de tempo no intervalo de segundos a minutos, sendo que muitas dessas capacidades integram o treino musical, como é o caso de tocar um instrumento ou cantar num coro (Macar et al., 2002). O ser humano consegue lidar melhor com as tarefas de processamento temporal se já tiver tido alguma prática. Para além disso, tem a capacidade de as generalizar para diferentes modalidades mas não para diferentes intervalos (Sevinç, 2007).

Ora, de entre as capacidades humanas nas quais a percepção temporal é crítica, a capacidade musical é distintiva. Há dois tipos de organização temporal que parecem fundamentais para o ritmo percebido das sequências musicais: a segmentação de uma sequência em grupos ou eventos temporais com base nos seus valores temporais e a extração de uma regularidade ou batimento temporal subjacente (Peretz, 2001). Para a maioria dos músicos uma nota específica explicitamente um padrão temporal e fornece um critério com o qual o desempenho pode ser comparado. Como resultado da quantidade de anos de prática do uso deste tipo de notação, o comportamento dos músicos profissionais pode revelar, de forma plausível, algumas das capacidades e restrições dos mecanismos de tempo humano (Sternberg & Knoll, 1984).

PROBLEMAS EM ESTUDO

Questão orientadora

Há um grande número de capacidades como tocar música, cantar num coro ou tocar numa orquestra, ter sucesso em certos *videogames*, ou desempenhar alguns desportos que requerem processamento motor ou de percepção de tempo no intervalo de segundos a minutos. Os músicos requerem bastante o processamento temporal ao longo de toda a vida através do treino dessas capacidades (por exemplo, a tocarem instrumentos musicais, integrarem orquestras, entre outros). No que respeita às capacidades que integram o treino musical, sabe-se que é a aquisição e prática de novas capacidades que dá origem a mudanças cerebrais estruturais e funcionais nos músicos (quando comparados a sujeitos sem estudos na área musical).

Há vários estudos que evidenciam atividade maioritariamente do hemisfério direito em tarefas de integração espaço-temporal e que o treino musical, embora empreenda todos os processos cognitivos (ou seja, é ideal para o estudo da conectividade cerebral, já que envolve todas as principais regiões do cérebro), está bastante associado a um maior volume da parte anterior do corpo caloso. Isto pode permitir uma maior quantidade de transferência de informação inter-hemisférica, permitindo que os dois hemisférios se conectem mais intimamente e que um hemisfério possa desempenhar funções cognitivas que são geralmente dominantes no outro hemisfério. Para além disso, o treino musical está também associado a diferenças estruturais no cerebelo, que é uma região envolvida também na estimação de tempo, entre músicos profissionais e não músicos.

Assim, há áreas que são estrutural e funcionalmente diferentes nos músicos e algumas delas coincidem com as principais áreas envolvidas na percepção temporal. Para além disso, o corpo caloso mais espesso pode permitir um maior acesso ao hemisfério direito, que parece estar mais envolvido no processamento temporal. O treino musical pode ter efeito nos desempenhos cognitivos de outros domínios que estejam minimamente relacionados com a prática da música (ritmos, percepção do tempo, discriminação melódica, capacidades motoras finas, entre outros), embora possa haver transferência para domínios mais distintos.

Em suma, a questão desta investigação é perceber se os músicos profissionais têm uma percepção do tempo diferente da dos não músicos.

Objetivos/Hipóteses

O principal objetivo deste estudo é examinar o aspeto prospetivo do tempo, verificando se há diferenças entre as estimativas de intervalos de tempo entre músicos profissionais e não músicos para intervalos de tempo iguais.

Como objetivo específico pretende-se analisar a ocorrência de sobrestimações e subestimações na amostra global e comparar os valores entre as duas amostras.

Como hipótese do trabalho, é conjecturado que os músicos profissionais dão estimativas de tempo mais precisas que os não músicos. Também se espera que haja mais subestimações do que sobrestimações, devido ao facto de a tarefa não temporal ser uma tarefa nova e exigir alguns recursos atencionais da parte dos participantes.

Tipo de estudo

O estudo apresentado é referente a um desenho quasi-experimental, uma vez que o tipo de amostragem não foi aleatório, com o grupo de controlo sistematicamente selecionado (Freixo, 2011).

METODOLOGIA

População-alvo

A população-alvo envolveu músicos profissionais na idade adulta, tendo sido incluída uma população de contraste constituída por indivíduos não músicos. Pretende-se que a amostra global se encontre entre os dezoito e os quarenta anos (Gaser & Schlaug, 2003), seja psicológica e neurologicamente saudável e seja destra.

Uma vez que não há uma definição padrão para o conceito de músico, estes são classificados como tendo tido uma educação musical profissional superior de, pelo menos, três anos, com mais de dez anos de estudo musical e como estando a desempenhar ativamente música a *full-time* no momento de teste treinando o instrumento durante, pelo menos, sete horas por semana (Gaser & Schlaug, 2003; Parbery-Clark, Skoe & Kraus, 2009). Por sua vez, os não músicos podem ter tocado um instrumento musical durante menos que três anos em escolas de música, sendo que o treino musical já ocorreu há, pelo menos, sete anos (Parbery-Clark, Skoe & Kraus, 2009).

Participantes

O estudo contou com 32 participantes, sendo 16 músicos profissionais e 16 não músicos.

A idade dos músicos profissionais variava entre os 21 e os 38 anos de idade ($M=25,25$; $DP=4,72$) e os anos de escolaridade variavam entre os 15 e os 18 anos ($M=15,94$; $DP=0,97$). Este grupo foi constituído por 6 indivíduos do sexo feminino e 10 do sexo masculino, 5 músicos de cordas (viola d'arco, guitarra, contrabaixo, violino) e 11 de sopros (clarinete, fagote, trompa, tuba, trombone, trompete, oboé). Em termos de lateralidade, todos os participantes eram destros, de acordo com o Inventário de Lateralidade de Edinburgh (Oldfield, 1971) ($M=84,5$; $DP=16,79$). De acordo com os resultados do inventário, valores entre -40 a 40 representavam um indivíduo ambidestro, abaixo de -40 representavam indivíduos canhotos, e de 40 a 100, indivíduos destros.

No que toca aos anos de treino musical, o grupo dos músicos profissionais variava entre os 10 e os 27 anos de treino musical ($M=16,75$; $DP=5,15$), sendo que treinavam o instrumento de 14 a 25 horas por semana ($M=27,56$; $DP=7,62$).

Para constituir o grupo dos não músicos corresponderam-se indivíduos do grupo dos músicos profissionais de acordo com o sexo, a idade, o nível de escolaridade e a lateralidade. No grupo dos não músicos, a idade variava entre os 21 e os 38 anos de idade ($M=25,13$; $DP=4,82$) e os anos de escolaridade variavam entre os 15 e os 21 anos ($M=17$; $DP=1,58$). O grupo era constituído por 6 indivíduos do sexo feminino e 10 do sexo masculino. Todos eram destros, de acordo com o Inventário de Lateralidade de Edinburgh ($M=77,81$; $DP=16,28$). Neste grupo, o treino musical já tinha ocorrido há, pelo menos, 9 anos ($M=13,81$; $DP=4,98$) sendo que na altura em que estiveram ligados à música os indivíduos estudavam de 30 a 90 minutos com base semanal e os anos de treino musical variavam entre os 6 e os 24 meses.

Nenhum dos indivíduos da amostra estava sujeito a medicação que atuasse ao nível do sistema nervoso central e nenhum sofreu qualquer perturbação mental, perturbação neurológica ou adquiriu lesão cerebral.

Processos de amostragem

As amostras dos músicos profissionais e não músicos são independentes e seguem um tipo de amostragem não-aleatória de especialistas e objetiva, respetivamente (Maroco, 2010). A participação dos músicos profissionais foi obtida através do contacto com instituições relacionadas com esta área. Já a outra amostra foi obtida a partir de pedidos de participação a pessoas que preenchessem os requisitos de correspondência para o grupo dos músicos profissionais.

Instrumento de colheita de dados

Os dados de estimação temporal foram recolhidos através de uma tarefa comportamental computadorizada elaborada especificamente para este estudo e concretizada por um programador em *Java EE 6 SDK* (v. 7).

A tarefa baseava-se num paradigma prospetivo de estimação de tempo onde o participante experienciava um intervalo e traduzia, posteriormente, a sua experiência do intervalo numa estimativa, usando as unidades convencionais de segundos. A tarefa integrava trinta e cinco subtarefas, existindo cinco de cada um dos intervalos compreendidos entre os três e os nove segundos, dispostos aleatoriamente ao longo da tarefa. No início de cada subtarefa era emitido um *bip* agudo que correspondia ao início da mesma, sendo que havia um *bip* grave que representava o seu final. Em cada subtarefa foi requerido que o participante contasse o número de vezes que o algarismo apresentado antes de cada uma (e que variava entre elas) aparecia. Este algarismo era apresentado 1,5 segundos antes de cada *bip* agudo. Durante a subtarefa, os algarismos eram apresentados em intervalos de 450 a 750 milissegundos, que foram gerados aleatoriamente. No final de cada subtarefa o participante tinha que seleccionar, de entre duas opções, aquela que correspondesse ao número de vezes que o algarismo-alvo apareceu no ecrã. Depois de seleccionar uma das opções era apresentada no ecrã a pergunta “Quanto tempo durou a tarefa?” à qual o sujeito deveria responder pressionando as teclas do teclado numérico do computador correspondentes à resposta, e em segundos. O tempo entre cada subtarefa era de cinco segundos e o fundo da tarefa era preto e as letras brancas de forma a gerar maior contraste. Na figura 1 é apresentada esta explicação de uma forma esquemática.

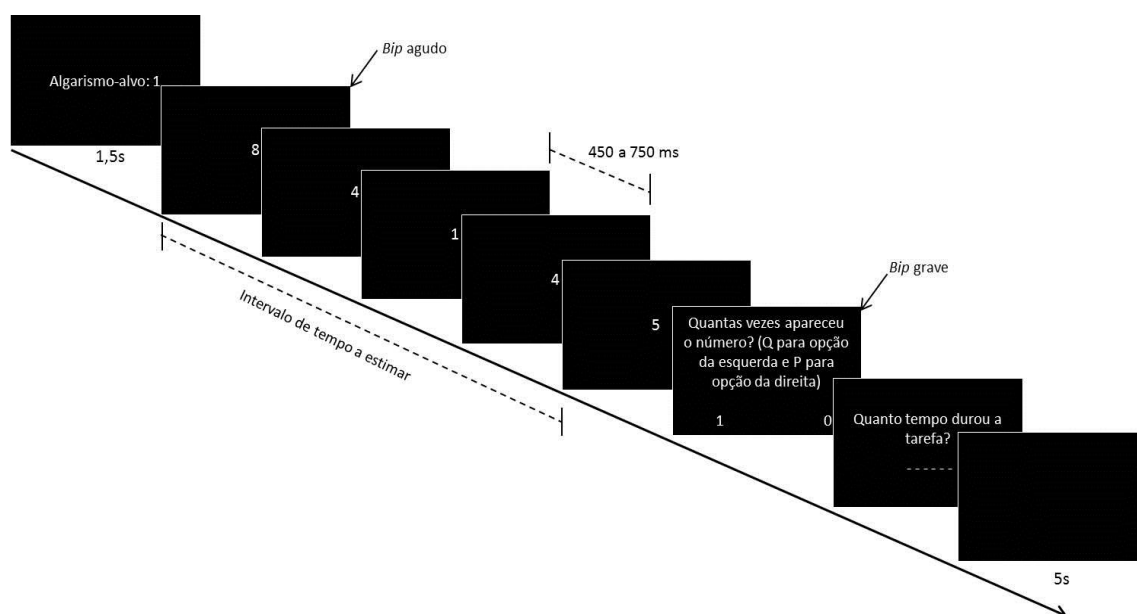


Figura 1

Representação esquemática de uma subtarefa da tarefa comportamental

À tarefa principal foram adicionados testes neuropsicológicos que avaliavam a atenção (*Trail Making Test* - parte A) e a memória de trabalho auditiva (*Digit Span* direto e inverso), um inventário de lateralidade (Inventário de Lateralidade de *Edinburgh*) e um instrumento de medida da ansiedade de estado e de traço (STAI Y-1 e Y-2).

Procedimento de recolha e análise

Para recolher os dados para este estudo pediu-se a colaboração de estudantes de música do ensino superior com mais de três anos de estudo universitário, da Orquestra Filarmonia das Beiras, do Conservatório Calouste Gulbenkian de Aveiro e da Universidade de Aveiro e de professores de música de escolas de música privadas. No entanto, todas as recolhas foram feitas de forma independente, sem qualquer apoio institucional.

Quando se contactou pela primeira vez os participantes foi-lhes pedido que não fumassem nem tomassem café na meia hora anterior ao procedimento de recolha dos dados (devido aos possíveis efeitos da nicotina e cafeína no processamento temporal), que era conduzido em salas silenciosas, onde o participante se sentava numa cadeira em frente a uma mesa onde estava o computador para a realização da tarefa computadorizada.

Cada participante do estudo foi informado, através do consentimento informado, acerca do objetivo e do âmbito do estudo, dos procedimentos necessários à participação no mesmo como o tipo de testes a realizar, da confidencialidade e anonimato inerentes à participação no estudo, da possibilidade de recusar ou interromper a participação no estudo sem qualquer tipo de penalização, sendo que todos os participantes autorizaram a divulgação dos resultados no meio científico.

De forma a recolher a informação socio-demográfica necessária de cada participante, procedeu-se à elaboração e posterior utilização de uma entrevista (que diferia entre o grupo dos músicos profissionais e o grupo de contraste). Na entrevista foram abordadas a idade, as habilitações literárias e anos de estudo universitário, situação profissional atual, possíveis diagnósticos de perturbações mentais, doenças neurológicas ou de lesão cerebral, e a toma de medicação. Aos músicos profissionais foram solicitadas informações relativas à quantidade de treino musical com base semanal, à idade de

início de contacto com a música, e ao instrumento e percurso musical. As informações específicas requeridas ao grupo de contraste eram relativas à quantidade de anos de estudo em música, ao tempo que passou desde o último contacto com a música, e à quantidade de horas (com base semanal) que usava para treinar música.

Depois da entrevista, foram recolhidos os dados relativos à lateralidade dos participantes através do Inventário de Lateralidade de Edinburgh (Oldfield, 1971). Esta é uma medida quantitativa simples que difere de muitas outras por ter uma boa confiança teste-reteste e permitir uma boa comparação entre estudos (Knecht et al., 2000). O inventário contém questões acerca do reportório de alguns comportamentos manuais.

De seguida, cada sujeito realizou o TMT - parte A. Este teste, que integra a Bateria Neuropsicológica de Halstead-Reitan, consiste em duas partes, a parte A e a parte B, que avaliam a exploração e monitorização visuomotora, a atenção dividida, e a flexibilidade cognitiva (Lezak, Howieson & Loring, 2004; Tombaugh, 2004). Enquanto a parte A é mais sensível à atenção, à exploração visual, à sequenciação numérica e à velocidade visuomotora, a parte B é mais sensível à abstração, às capacidades visuomotoras e visuoespaciais e à flexibilidade mental. O teste já está normalizado para a população portuguesa (Baeta, 2002).

Posteriormente, foi pedida a colaboração aos participantes para efetuarem o *Digit Span* nos sentidos direto e inverso. Este teste faz parte da *Wechsler Memory Scale* (WMS) que é, provavelmente, a bateria de memória mais reconhecida e amplamente utilizada (Lezak, Howieson & Loring, 2004), estando disponível em dezoito línguas (Walker, Batchelor, Shores & Jones, 2010). Esta bateria foca-se na medição da memória, tendo em conta a modalidade sensorial em que o material é apresentado. Este teste mede o *span* da recordação verbal imediata, sendo que ambos os sentidos dependem da capacidade de retenção da memória a curto-prazo. O que o *Digit Span* direto mede está mais relacionado com a eficiência da atenção do que com o que é geralmente pensado de memória. Já o *Digit Span* inverso requer o armazenamento de alguns dados enquanto estes são manipulados mentalmente, sendo que apela ao bom funcionamento da memória de trabalho. O desempenho nesta tarefa também pode depender de processos visuais e verbais, uma vez que muitas vezes os sujeitos constroem uma imagem mental dos números e “lêem-nos” em sentido contrário (Lezak, Howieson & Loring, 2004).

Por fim, e de forma a medir sintomas de ansiedade, foi pedido aos participantes que respondessem ao *State-Trait Anxiety Inventory for Adults* (STAI). Este é um questionário de quarenta itens que determina a ansiedade numa situação temporal específica (ansiedade de estado – parte Y1) e como um traço geral (ansiedade de traço – parte Y2). Este questionário faz parte da *NIMH Core Neuropsychological Battery*, que foi construída com o objetivo de identificar evidências precoces de perda cognitiva (Lezak, Howieson & Loring, 2004).

No final do procedimento os participantes realizaram a tarefa computadorizada descrita acima. As instruções prévias dadas oralmente a cada participante consistiam num resumo do que ia acontecer no programa. Era explicado que existiam três subtarefas prévias controladas por eles, de forma a poderem treinar a tarefa e a certificarem-se de que percebiam as instruções, sendo que as instruções específicas da tarefa eram fornecidas pelo programa no início da mesma. Para além disso, era pedido que não contassem mentalmente ou com qualquer parte do corpo o tempo que estava a passar. Não foi fornecido qualquer *feedback* no que respeita à precisão da estimação de tempo dos participantes e ao desempenho destes na tarefa não temporal.

Relativamente à análise dos dados, a tarefa computadorizada estava programada para gravar o código do participante (identificador único), o valor de tempo real e a estimação de tempo para cada intervalo (feita pelo participante) em cada uma das trinta e cinco subtarefas, os erros de resposta da tarefa não temporal, e a precisão da resposta e o rácio do julgamento de duração (DJR) de cada resposta, de forma a poder observar-se as subestimações e sobrestimações temporais.

As respostas temporais precisas referem-se, neste estudo, às respostas concisas e exatas do valor de tempo estimado comparativamente ao valor de tempo real. O módulo da precisão é um valor obtido através da subtração da duração do alvo à duração de resposta do sujeito para todas as subtarefas. Através deste método, as respostas mais curtas que a duração do alvo produzem números negativos enquanto as respostas mais longas geram números positivos. Utilizando este procedimento, uma resposta perfeita tem o resultado de 0. Vai utilizar-se o módulo da média da precisão para que os valores positivos não se sobreponham aos negativos ao calcular a média.

Também vai ser calculado o rácio do julgamento de duração (DJR) que se resume ao intervalo de tempo percebido dividido pelo intervalo de tempo real. Uma resposta certa terá assim o resultado de 1.

A análise tanto do módulo da média da precisão como da média do DJR são necessários, uma vez que ao utilizar somente o DJR poderia cometer-se o erro de, ao somar um valor menor que 1 e um valor maior que 1 que tivessem a mesma diferença deste algarismo (ex: 0,75 e 1,25 são o resultado da diferença entre 1 e -0,25 e da soma entre 1 e 0,25, respetivamente) se obter uma média sem significado (por exemplo neste caso obter-se-ia uma média de 1, isto é, perfeita, quando na verdade houve um erro de subestimação e um erro de sobrestimação). Assim, o DJR tem mais informação relativa às sobrestimações e subestimações e a média do módulo da precisão dá a informação exata acerca de os participantes acertarem ou errarem a estimação do valor temporal.

Os resultados foram analisados com o *software* de análise estatística IBM SPSS Statistics (v. 20) para *MS Windows*.

Iniciou-se a análise estatística pelos dados de caracterização da amostra, seguindo-se alguns testes para verificar se a distribuição amostral tinha uma aproximação à normalidade, nomeadamente o teste *Shapiro-Wilk*, uma vez que as duas amostras são constituídas por menos que trinta participantes, e o teste de *Levéne* para garantir a homogeneidade da variância e, por isso, para garantir que a variância da variável dependente seja igual para todos os valores da variável independente. Estando preenchidos os requisitos para a utilização dos testes paramétricos, isto é, sendo a escala de medida da variável dependente uma medida métrica, as características estudadas seguirem uma aproximação da distribuição normal na população e a distribuição ser simétrica e mesocúrtica (Maroco, 2010), procedeu-se à análise dos resultados com o teste *t-Student* para amostras independentes para comparação de médias e recorreu-se ao coeficiente de correlação parcial para medir a intensidade e a direção da associação das variáveis.

RESULTADOS

Começou por se fazer uma caracterização da amostra. Foi feita uma correspondência entre as duas amostras no que toca ao sexo, idade, habilitações literárias e grau de lateralidade.

Uma vez que na secção anterior são descritos os valores de caracterização da amostra global (secção de descrição dos participantes), optou-se por uma análise mais minuciosa de algumas variáveis relativamente aos sexos, tendo em conta as duas amostras utilizadas.

Na tabela 1 pode constatar-se que as idades dos participantes, de acordo com o sexo, são muito próximas em termos de média, não havendo diferenças significativas entre elas ($t=0,07$; $gl=30$; $p=0,94$), o que é natural uma vez que esses fatores na amostra dos músicos foram tidos em conta para constituir a amostra dos não músicos. A diferença de idades nas amostras dos músicos ($t=0,68$; $gl=14$; $p=0,51$) e dos não músicos ($t=0,58$; $gl=14$; $p=0,57$) também não é significativa, tendo em conta o sexo.

Tabela 1

Caracterização das amostras relativa à idade no que respeita à distribuição por sexos

	Músicos		Não músicos	
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
n	10	6	10	6
Min	21	22	21	22
Máx	38	29	38	28
M	25,9	24,2	25,7	24,1
DP	5,88	2,64	6,15	2,14

Na tabela 2 apresentam-se alguns dados relativos aos anos de escolaridade dos participantes de acordo com o sexo e a amostra em que estão inseridos. O que se verifica é que a amostra dos músicos profissionais ($M=15,94$; $DP=0,97$) apresenta uma média menor de anos de escolaridade do que os não músicos ($M=17$; $DP=1,58$), sendo estas diferenças significativas ($t=-2,22$; $gl=30$; $p=0,034$). Tendo em conta a amostra dos

músicos, a diferença dos anos de escolaridade entre os dois sexos não é significativa ($t=-0,7$; $gl=14$; $p=0,5$).

Tabela 2

Caracterização das amostras relativa aos anos de escolaridade no que respeita à distribuição por sexos

	Músicos		Não músicos	
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
n	10	6	10	6
Min	15	15	15	15
Máx	17	18	21	19
M	15,8	16,2	17	17
DP	0,92	1,17	1,83	1,41

Tendo em conta as amostras separadamente, o que se verifica é que os músicos do sexo masculino treinam menos horas por semana o instrumento do que os músicos do sexo feminino, embora esta diferença não seja significativa ($t=-1,96$; $gl=13,19$; $p=0,07$) (tabela 3). No que diz respeito à quantidade de anos de estudo musical ao longo da vida não se verificam grandes diferenças entre músicos do sexo masculino e feminino ($t=-0,62$; $gl=14$; $p=0,55$), embora os músicos do sexo feminino estejam, em média, há mais anos ligados ao estudo da música. Os instrumentos principais dos músicos da amostra selecionada podem subdividir-se em instrumentos harmónicos e melódicos. Nesta amostra, cinco músicos tocam um instrumento harmónico como principal e onze tocam um instrumento melódico. Dos dez músicos do sexo masculino, três tocam um instrumento harmónico e dos seis músicos do sexo feminino selecionados, são dois os que tocam um instrumento harmónico.

Tabela 3

Caracterização dos músicos relativamente às horas de treino e aos anos de estudo musical no que respeita à distribuição por sexos

	Horas de treino		Anos de estudo musical	
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
n	10	6	10	6
Min	14	28	10	13
Máx	35	35	27	25
M	25,2	31,5	16,1	17,8
DP	8,85	3,83	5,65	5

O que se pode constatar através da observação da tabela seguinte (tabela 4) é que são poucas as variações entre os sexos, no grupo dos não músicos, relativamente às seguintes variáveis: anos que já passaram desde o estudo em música, quantidade de anos de estudo em música e horas de treino aquando do estudo da música, com base semanal. Relativamente à primeira, não há diferenças significativas entre os dois sexos ($t=0,78$; $gl=14$; $p=0,45$). No que concerne à quantidade de anos que os participantes da amostra dos não músicos estiveram ligados à música, também não se encontram diferenças estatisticamente significativas ($t=-0,52$; $gl=14$; $p=0,61$), não se encontrando também nas horas de treino semanais durante os anos em que os participantes estiveram ligados à música ($t=-0,27$; $gl=14$; $p=0,79$).

Tabela 4

Caracterização dos não músicos relativamente aos anos sem música, aos anos de estudo musical e às horas de treino no que respeita à distribuição por sexos

	Anos sem música		Anos de estudo musical		Horas de treino	
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
n	10	6	10	6	10	6
Min	10	10	1	0	0	0
Máx	27	17	0,5	1	90	1
M	14,6	12,5	0,2	0,48	0,25	0,33
DP	6,24	2,43	0,63	0,52	0,63	0,52

O que se pretende fundamentalmente analisar neste estudo é a diferença das respostas temporais entre os músicos e os não músicos, através da média do DJR e da média do módulo da precisão. A significância desta diferença foi avaliada com o teste paramétrico *t*-Student para amostras independentes, uma vez que ambas as amostras tendem para uma distribuição normal. Os pressupostos deste método estatístico (normalidades das distribuições e homogeneidade de variâncias nos dois grupos) foram avaliados com o teste *Shapiro-Wilk* ($W(16)_{\text{músicos}}=0,93$; $p=0,27$; $W(16)_{\text{não músicos}}=0,97$; $p=0,74$) e com o teste de *Levene* ($F(1,30)=3,93$; $p=0,057$), respetivamente. Consideraram-se as diferenças entre médias cujo *p-value* do teste foi inferior ou igual a 0,05 como estatisticamente significativas (IC 95%).

Como se verifica a partir da análise da tabela 5, há diferenças estatisticamente significativas no módulo da média da precisão, na média do DJR e na quantidade de respostas certas na tarefa temporal entre os dois grupos, significando que o grupo dos músicos estimou, com maior precisão, os intervalos de tempo do que os não músicos. A tabela informa ainda que houve uma maior taxa de subestimação do que de sobrestimação nos dois grupos, sendo que a taxa nos músicos é menor (também devido ao facto da percentagem de erros na tarefa temporal ter sido inferior à do outro grupo). Assim, pode concluir-se que a maior parte dos erros de estimação temporal que ocorreram devem-se a uma subestimação do valor de tempo real. A quantidade de erros

na tarefa não temporal é quase inexistente, verificando-se menor número de erros no grupo dos músicos do que no dos não músicos.

Tabela 5

Valores médios e desvio-padrão da precisão, do DJR, sobrestimação e subestimação, RcertasT, e errosNT nos dois grupos

	Músicos		Não músicos		t	gl	p
	M	DP	M	DP			
Precisão	0,91	2,82	2,04	0,63	-6,59 ^b	30	0,000
DJR	0,93	0,092	0,75	0,17	3,65 ^a	30	0,001
Sobrestimação	4,75	5,42	3,69	5,70	0,54 ^a	30	0,593
Subestimação	16,94	6,75	27,44	7,75	-4,09 ^a	30	0,000
RcertasT	13,31	4,67	3,88	2,58	7,06 ^a	30	0,000
ErrosNT	0,56	0,73	1,06	1,18	-1,44 ^a	30	0,160

Legenda. DJR=média do rácio do julgamento de duração; RcertasT=respostas certas na tarefa temporal; ErrosNT=erros na tarefa não temporal

^ahomogeneidade da variável assumida

^bhomogeneidade da variável não assumida

Tendo em conta os dois grupos, procedeu-se a uma análise dos sexos masculino (n=20) e feminino (n=12) para as médias das variáveis acima descritas. O que se constata é que na amostra total não há diferenças significativas entre os sexos nas variáveis em estudo (tabela 6).

Tabela 6

Valores médios e desvio-padrão da precisão, do DJR, sobrestimação e subestimação, RcertasT e errosNT na amostra global de acordo com os sexos

	Masculino		Feminino		t ^a	gl	P
	M	DP	M	DP			
Precisão	1,58	0,78	1,30	0,69	1,04	30	0,306
DJR	0,83	0,18	0,86	0,13	-0,49	30	0,627
Sobrestimação	4,40	6,35	3,91	3,92	0,24	30	0,814
Subestimação	23,35	9,10	20,25	8,64	0,95	30	0,349
RcertasT	7,25	5,04	10,83	7,16	-1,66	30	0,107
ErrosNT	0,85	1,18	0,75	0,62	0,27	30	0,789

Legenda. DJR=média do rácio do julgamento de duração; RcertasT=respostas certas na tarefa temporal;

ErrosNT=erros na tarefa não temporal

^ahomogeneidade da variável assumida

Se forem tidos em conta os grupos de forma individual, o que se verifica é que nos músicos o sexo tem influência na quantidade de respostas certas na tarefa temporal, sendo que os músicos do sexo feminino têm mais respostas certas na tarefa temporal (M=17; DP=4,19) do que os participantes do sexo oposto (M=11,1; DP=3,51) e esta diferença estatisticamente significativa ($t=-3,03$; $gl=14$; $p=0,009$), não se verificando diferenças no módulo da média da precisão, na média do DJR, nas sobrestimações e subestimações e nos erros na resposta não temporal entre os dois sexos. No grupo dos sujeitos não músicos não se verifica qualquer diferença significativa entre os sexos e a média das variáveis acima descritas.

Uma vez que o grupo dos músicos é constituído por participantes que se dedicam a instrumentos harmónicos (n=5) ou melódicos (n=11), considerou-se pertinente verificar se existiam diferenças na resposta temporal e na quantidade de erros na tarefa não temporal de acordo com o tipo de instrumento (tabela 7). O que se verifica é que o tipo de instrumento não influencia o módulo da média da precisão, a média do DJR, nomeadamente da sobrestimação e subestimação, nem os acertos na tarefa temporal ou os erros na tarefa não temporal.

Tabela 7

Valores médios e desvio-padrão da precisão, do DJR, da sobrestimação e subestimação, das RcertasT e dos ErrosNT nos músicos de acordo com o tipo de instrumento

	Harmónico		Melódico		t ^a	gl	P
	M	DP	M	DP			
Precisão	0,87	0,30	0,93	0,28	-0,391	14	0,701
DJR	0,928	0,79	0,93	0,10	-0,06	14	0,950
Sobrestimação	4,40	4,04	4,91	6,12	-0,168	14	0,869
Subestimação	16,8	6,22	17	7,27	-0,053	14	0,958
RcertasT	13,8	2,59	13,1	5,49	0,272	14	0,790
ErrosNT	0,6	0,55	0,55	0,82	0,134	14	0,895

Legenda. DJR=média do rácio do julgamento de duração; RcertasT=respostas certas na tarefa temporal; ErrosNT=erros na tarefa não temporal

^ahomogeneidade da variável assumida

A estrutura relacional de algumas variáveis (idade, anos de escolaridade, módulo da média da precisão das respostas temporais, média de DJR, sobrestimação, subestimação, acertos na tarefa temporal e erros na tarefa não temporal) foi avaliada através de uma correlação parcial onde os resultados dos testes aplicados aos participantes foram utilizados como variáveis de controlo.

Através da análise da tabela 8 é notória a correlação entre o módulo da média da precisão e a média do DJR (correlação alta) que implica que quanto maior é o valor do módulo da média precisão (maior distância da estimação temporal ao valor temporal real), menor é o valor da média do DJR. Esta correlação era bastante expectável uma vez que estes dois valores estão bastante ligados, sendo ambos direccionados para a mesma função. Outra associação bastante significativa é a que existe entre o módulo da média da precisão e os erros na tarefa não temporal. O que se verifica é que quanto maior é o valor do módulo da média da precisão, menos são os erros cometidos na tarefa não temporal (correlação alta).

Pode ainda observar-se que existem algumas variáveis que estão correlacionadas tal como esperado, nomeadamente a média de DJR e a sobrestimação e subestimação das respostas temporais, bem como a sobrestimação e subestimação. A média do DJR e a sobrestimação estão altamente correlacionadas, sendo a direção desta associação positiva, isto é, quanto maior é a média do DJR (mais próxima da resposta certa), maior é a sobrestimação. Esta associação tem quase a mesma intensidade que a associação entre a sobrestimação e a subestimação, embora esta última seja negativa (tal como esperado), ou seja, quando existem sobrestimações, não há subestimações e vice-versa. A relação entre a média do DJR e a subestimação é uma correlação muito alta e transmite a informação de que quanto menor é a média do DJR (respostas temporais erradas), maior é a subestimação, concluindo-se que a maioria dos erros temporais que os sujeitos cometeram foram subestimações (premissa também constatável a partir da correlação alta que se verifica entre o módulo da média da precisão e a subestimação nas respostas temporais e entre a quantidade de respostas certas na tarefa temporal e a subestimação). Os anos de escolaridade e a quantidade de erros na tarefa não temporal parecem estar moderadamente correlacionados, verificando-se que quanto maior é o número de anos de escolaridade, maior é o número de erros não temporal.

Uma associação não tão esperada e que pode ser analisada através da tabela 8 é a correlação moderada entre a sobrestimação e a quantidade de erros na tarefa não temporal, que demonstra que um maior número de sobrestimações temporais está ligado a um maior número de erros na tarefa não temporal.

Tabela 8

Correlações parciais entre a idade, anos de escolaridade, precisão, DJR, sobrestimação, subestimação, RcertasT e errosNT

	Idade	AE	Precisão	DJR	SobrE	SubE	RcertasT	Erros NT
Idade	-	0,286	-0,228	0,231	0,037	-0,124	0,067	0,159
AE	-	-	0,126	0,045	0,196	0,071	-0,321	0,428*
Precisão	-	-	-	-0,815**	-0,290	0,745**	0,112	-0,823**
DJR	-	-	-	-	0,741**	-0,931**	0,681**	0,262
SobrE	-	-	-	-	-	-0,738**	0,172	0,514**
SubE	-	-	-	-	-	-	-0,794**	-0,317
RcertasT	-	-	-	-	-	-	-	-0,048

Legenda. AE=anos de escolaridade; DJR=média do rácio do julgamento de duração; SobrE=sobrestimação; SubE=subestimação; RcertasT=respostas certas na tarefa temporal; ErrosNT=erros na tarefa não temporal;

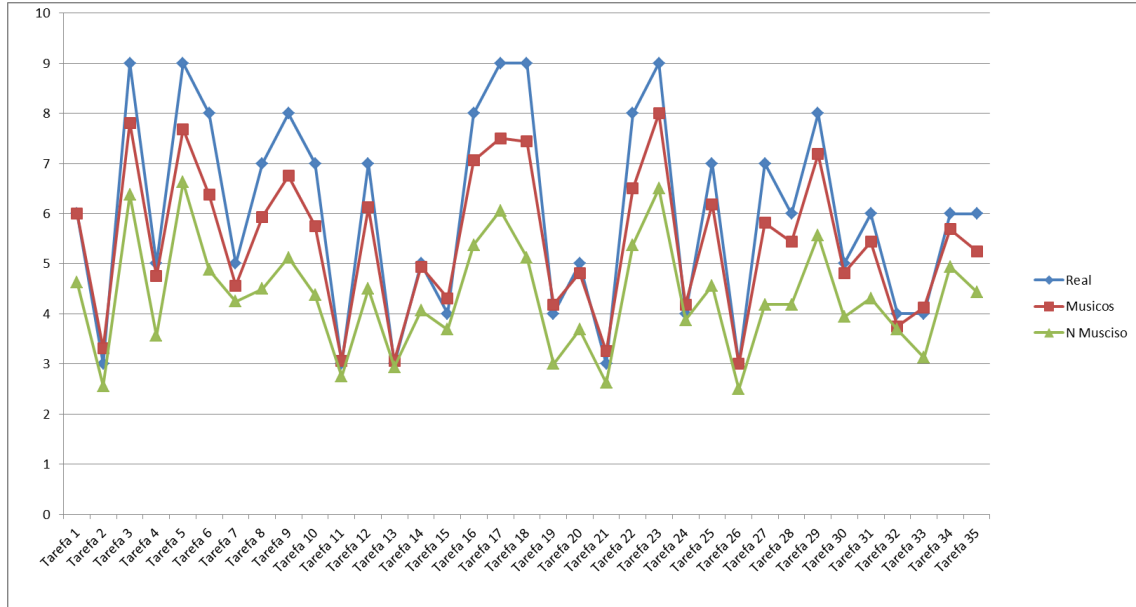
* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

O gráfico 1 revela informação relativa às respostas temporais dos sujeitos ao longo das várias tarefas, discriminando o grupo dos músicos, o grupo dos sujeitos não músicos e o valor de tempo real. O que se pode verificar é que os dois grupos tiveram maior taxa de subestimações do que de sobrestimações, sendo que os músicos tiveram um melhor desempenho ao longo do tempo. O grupo dos não músicos não demonstra, ao nível da média das respostas dos 16 participantes desta amostra, médias de sobrestimação ao longo do tempo, mas sim de subestimação.

Gráfico 1

Varição da média das respostas das duas amostras nas tarefas temporais comparativamente ao valor temporal real comparativamente ao valor temporal real



DISCUSSÃO

As duas amostras utilizadas no estudo são muito equilibradas em termos de idade, sexo, lateralidade e habilitações literárias. As diferenças estatisticamente significativas encontradas entre os músicos profissionais e os não músicos no que diz respeito aos anos de escolaridade (o primeiro grupo apresenta uma média menor do que o grupo de não músicos) podem dever-se ao facto de os anos de escolaridade (variável apresentada nas tabelas) serem relativos aos anos de estudo totais. Isto é, a amostra dos participantes não músicos pode ter mais anos de estudo no global por terem existido certos períodos de estudo repetidos (essencialmente durante o estudo universitário), ou seja, maior taxa de reprovações. Isto porque as habilitações literárias, ou seja, o grau académico de cada participante músico, foram correspondidas com o grupo dos não músicos. Relativamente a esta variável e para o sexo masculino, o grupo dos músicos profissionais é constituído por dois participantes com três anos de universidade (mas que ainda não concluíram a licenciatura), quatro com licenciatura, dois com licenciatura mas já a frequentar cadeiras de mestrado, e dois com mestrado. Relativamente ao sexo feminino há cinco músicos com licenciatura e um com mestrado. Na amostra dos sujeitos não músicos e no que toca ao sexo masculino, verifica-se que há seis com a licenciatura, um com a licenciatura mas já a frequentar cadeiras de mestrado, dois com o mestrado e um com o doutoramento. Relativamente aos sujeitos do sexo feminino há cinco com a licenciatura e uma com licenciatura mas já a frequentar cadeiras de mestrado. O que se conclui é que, em termos de habilitações literárias os dois grupos estão muito próximos, verificando-se um maior desfasamento na existência de um grau de doutoramento no grupo dos não músicos correspondido a um mestrado no grupo dos músicos profissionais.

A correlação moderada observada através das correlações parciais das variáveis-chave para o estudo entre os anos de escolaridade e a quantidade de erros na tarefa não temporal para as duas amostras (que fornece a informação de que quanto mais são os anos de escolaridade, maior é a taxa de erros na tarefa não temporal) também pode ser explicada pelo facto de os anos de escolaridade não serem preditores diretos das habilitações literárias, podendo existir participantes a repetir anos, aumentando desta forma a quantidade de anos de estudo. No entanto, em alguns casos, os anos de escolaridade podem também implicar uma idade mais avançada (que se verificou em alguns participantes com o mestrado e no participante com o doutoramento) e o

aumento de idade acarreta o retardamento de alguns componentes cognitivos necessários para uma boa execução da tarefa não temporal, sendo a atenção um desses componentes.

Tendo como foco o principal objetivo deste estudo, que é analisar as diferenças entre as estimativas de intervalos de tempo entre músicos profissionais e não músicos para os mesmos intervalos de tempo, o que se conclui após uma observação cuidada dos resultados estatísticos é que a hipótese em estudo de que os músicos profissionais dão estimativas de tempo mais precisas que os não músicos se confirma. De facto, há diferenças estatisticamente significativas entre as duas amostras utilizadas para a média dos módulos da precisão das respostas, para a média do DJR e para a quantidade de respostas certas na tarefa temporal. O que se pode concluir é que os músicos dão estimativas de tempo mais precisas do que os não músicos para as mesmas tarefas temporais e acertam mais vezes no valor de tempo pedido do que o outro grupo. Para além disso, a média dos erros nas subtarefas temporais, no grupo dos músicos, tem menor amplitude para o valor de tempo real do que no grupo dos sujeitos não músicos. Os pressupostos teóricos existentes entre músicos e pessoas que tiveram muito pouco contacto com a música ao longo da vida deixam claras as diferenças neuro-funcionais entre os dois grupos que podem ter influência em muitas tarefas cognitivas como é o caso da percepção temporal. Esta diferença de resultados entre os dois grupos confirma a hipótese que foi suportada pelos estudos apresentados na revisão da literatura deste trabalho e que relatam diferenças neuroanatômicas e funcionais em estruturas cerebrais envolvidas na percepção temporal (Gaser & Schlaug, 2003; Hutchinson, Lee, Gaab & Schlaug, 2003; Wetter, Koerner & Schwaninger, 2009). Estas diferenças, tendo em conta que se optou pela modalidade auditiva na tarefa temporal, podem também ser devidas a um processamento auditivo superior nos músicos (Güçlü, Sevinç & Canbeyli, 2011).

Uma vez que a estimação de intervalos temporais pode envolver subestimações ou sobrestimações do valor real do intervalo, foi necessário analisar esses parâmetros nos dois grupos de participantes em estudo. Os resultados revelam mais subestimações do que sobrestimações do valor temporal a estimar nos dois grupos, embora no grupo dos músicos haja menos subestimações, o que é natural uma vez que também houve menos percentagem de erros na tarefa temporal. Assim, o tempo subjetivo parece passar a uma taxa mais lenta do que o valor de tempo real para a amostra global. Tendo em conta os

estudos que afirmam que o tempo parece passar a uma velocidade mais rápida quando se está ocupado com uma tarefa (e, quando isto acontece, existem mais recursos atencionais dedicados à tarefa e, por isso, menos atenção para dedicar à passagem do tempo) (Brown, 1997; Mangels & Ivry, 2001; Eagleman, 2008, cf. Mădălina, 2011), estes resultados podem significar que, como existia uma tarefa não temporal durante os intervalos de tempo a estimar, os participantes percecionem o tempo como mais curto do que aquilo que realmente foi. Assim, a quantidade de informação temporal que chegou à memória de trabalho foi reduzida, o que resultou numa estimativa temporal verbal inferior ao valor real. A maior taxa de subestimação poderia também ser devida ao facto de os intervalos de tempo subestimados excederem o limite da memória de trabalho (que de acordo com o que os estudos indicam é de trinta segundos) (Schmitter-Edgecombe & Rueda, 2008), uma vez que já houve estudos de perceção temporal em amnésicos que demonstram que este grupo de doentes consegue fornecer bons julgamentos de duração para curtas durações, o que já não acontece para durações mais longas (Perbal, Pouthas, & Van der Linden, 2000). No entanto, o que os estudos relatam é que existem bons julgamentos de duração nos intervalos estudados neste trabalho, isto é, dos dois aos nove segundos, portanto, esta hipótese explicativa não deve ser considerada, *a priori*.

O que também se pode concluir através dos resultados é que os músicos, embora tal como os não músicos subestimassem os valores temporais, forneceram estimativas mais próximas, em média, do que os participantes não músicos, daí as melhores médias também na precisão e no DJR por parte deste grupo.

Entre os dois grupos não se verificaram diferenças notórias no que diz respeito à quantidade de erros na tarefa não temporal e os erros que foram cometidos pela amostra global foram mínimos. Estes dados eliminam o receio de a tarefa não temporal se demonstrar demasiado complexa e exigir demasiados recursos atencionais inviabilizando, de certa forma, o estudo. Assim, pode considerar-se que a tarefa não temporal era adequada para evitar a contagem temporal dos participantes que era o que se pretendia.

Embora na amostra total dos participantes não se verifiquem diferenças evidentes entre os dois sexos, entre os músicos profissionais há uma maior diferença, nomeadamente na quantidade de respostas certas na tarefa temporal. Uma vez que não há diferenças significativas nos módulos das médias da precisão ou DJR, a grande diferença relativa

aos acertos das respostas temporais pode ser devida ao facto de haver mais acertos mas, na ocorrência de erros na tarefa temporal, estes têm uma maior amplitude para o valor real, isto é, o erro é mais acentuado em termos numéricos. Assim, esta diferença acaba por não ser muito significativa sobretudo se tivermos em conta que na amostra global e na amostra dos não músicos não houve qualquer diferença entre sexos, podendo apenas dever-se à reduzida amostra dos músicos profissionais utilizada neste estudo.

A duração temporal de um evento não é processada de forma independente da sua informação não temporal. Embora a duração temporal possa ser codificada de forma prospetiva através do tempo consciente, a duração lembrada também é inferida da quantidade de informação não temporal. Nas tarefas *dual-task* são necessários mais recursos para processar a informação não temporal e ficam disponíveis recursos limitados para atender à duração do evento, produzindo-se estimações de tempo menos precisas. Assim, a recapitulação do evento inclui tanto informação temporal como não temporal (Franssen & Vandierendonck, 2002; Gupta & Khosla, 2006).

Desta forma, é pertinente analisar a relação entre a precisão da resposta temporal e os erros na tarefa não temporal. Relativamente às associações entre as variáveis em estudo é interessante constatar que quanto maior é o valor da média do módulo da precisão, menos são os erros cometidos na tarefa não temporal, isto é, em alguns acertos na tarefa temporal são cometidos erros na tarefa não temporal. Isto leva a crer que há acertos na tarefa temporal que se podem dever a uma contagem interna do tempo que ocupa demasiados recursos atencionais, necessários para a tarefa não temporal. Assim, parece que os sujeitos, ao optarem por contar o tempo decorrido, negligenciam a tarefa não temporal (por falta de recursos), cometendo erros, mas fornecendo uma resposta mais precisa. De facto, já houve estudos que demonstraram que uma estratégia de contagem pode produzir desvios da propriedade escalar do processamento temporal e a limitação deste tipo de estudos é que nunca se tem informação no que respeita ao grau no qual os sujeitos obedecem à estratégia de não contagem. Esta propriedade escalar requer que a variabilidade das estimativas temporais (desvio-padrão) aumente com o valor de duração, sendo que o coeficiente de duração permanece constante em todos os diferentes valores, consistentemente com a Lei de Weber. Quando os participantes contam o tempo, a variabilidade permanece constante e o coeficiente de duração decresce à medida que o valor de duração aumenta, indicando que a sensibilidade ao tempo aumenta com o valor de duração. A violação desta propriedade escalar do tempo

pode ser explicada pelo facto de que a atividade de contagem reduz a variância na duração estimada através da subdivisão do tempo em subintervalos fixos de, aproximadamente, um segundo. A soma das variâncias destes subintervalos é, assim, mais baixa que a variância produzida para a estimação do intervalo como um todo. Com uma estratégia de contagem, a estimativa temporal permanece mais constante de subtarefa para subtarefa, e a quantidade de ruído introduzida na representação do tempo não aumenta com a magnitude da duração (Wearden & Lejeune, 2008; Rattat & Droit-Volet, 2012).

Por outro lado, os erros na tarefa não temporal também parecem estar moderadamente associados com a sobrestimação nas respostas temporais, sendo que quando existe uma maior sobrestimação há igualmente uma maior quantidade de erros na tarefa não temporal. Isto pode significar que, quando os sujeitos optam por utilizar uma contagem cronométrica, ou acertam a tarefa temporal ou, maioritariamente, percecionam que o intervalo de tempo que passou foi maior do que na realidade o foi, porque estão com a atenção orientada apenas para a tarefa temporal. De acordo com o modelo do portão atencional, o sujeito atender ao tempo significa focar-se no fluxo de sinais produzidos por um pacemaker e transferir uma representação do número total de sinais para um armazém da memória de trabalho (Block, Hancock & Zakay, 1998). Assim, uma maior quantidade de recursos atencionais orientados para o intervalo de tempo implica o aumento do número de pulsos acumulados durante o intervalo, conduzindo a uma sobrestimação da duração (Wearden, O'Rourke, Matchwick, Min & Maeers, 2010).

Os resultados são bastante evidentes no que toca ao papel que o foco de atenção tem na percepção do tempo. Há diferenças entre músicos profissionais e não músicos relativas à implementação da atenção (quer nas características não temporais da tarefa, quer na parte da tarefa), com efeitos na duração estimada. Como também se pôde constatar, embora a natureza da tarefa possa estabelecer um nível mínimo de atenção para a sua conclusão bem-sucedida, o envolvimento é bastante baseado na atitude do sujeito.

CONCLUSÕES

A capacidade de estimar com precisão a passagem do tempo tem um papel muito importante no apoio à estruturação das atividades diárias (Schmitter-Edgecombe & Rueda, 2008). Na implementação das atividades do cotidiano, a estimação dos intervalos que variam entre segundos a minutos é essencial (Block, Zakay & Hancock, 1998). Uma incapacidade de estimar, com precisão, a passagem do tempo pode interferir, por isso, nas capacidades de gestão do tempo ou levar a problemas na organização da própria vida diária (Bauer, 2001).

Uma importante contribuição deste tipo de estudos é que, quando forem identificados todos os mecanismos e fatores de percepção de tempo que podem ser controlados, estes podem ser usados para fazer com que o tempo passe mais depressa durante eventos desagradáveis (como procedimentos médicos invasivos) ou como técnica para modulação da dor.

O que se pode concluir com este estudo é que os músicos profissionais têm capacidades melhoradas de estimação de tempo, o que implica que o treino intensivo de música ao longo da vida pode melhorar esta capacidade, permitindo um melhor desempenho nas muitas atividades que requerem este tipo de processamento. Este é mais um exemplo do fenómeno de plasticidade cerebral que implica uma reorganização neuronal e, por isso, mudanças na estrutura ou no funcionamento de algumas áreas cerebrais em função das experiências dos sujeitos (Stein, 2000).

Este estudo vem reforçar a informação que outros estudos já referiram de que o treino musical intenso conduz a melhorias de bastantes capacidades (Elbert, Pantev, Wienbruch, Rockstroh & Taub, 1995; Wetter, Koerner & Schwaninger, 2009), uma vez que os dados comportamentais obtidos corroboram os dados de neuroimagem existentes na literatura. Assim, pode ser benéfico o estudo em escolas de música ao longo do tempo, em termos de processamento temporal, uma vez que se pode acabar por desenvolver mais esse aspeto, aumentando o desempenho temporal diário nas tarefas que exijam alguma precisão temporal ou em outros tipos de tarefas (se tivermos em conta que o fenómeno de transferência pode também ocorrer). Em princípio, o ideal será o começo do treino musical ter início antes dos sete anos de idade, uma vez que este é o período crucial para o desenvolvimento das estruturas cerebrais (Schlaug, Jäncke, Huang, Staiger & Steinmetz, 1995).

A reabilitação neuropsicológica holística pode incluir a estimulação da aquisição de novas condutas e novos padrões de atividade cognitiva (NAN, 2002) e o treino de capacidades diretamente ligadas à perceção temporal melhora o desempenho na estimacão temporal. Embora os resultados obtidos neste estudo tenham surgido a partir de uma amostra de músicos profissionais com elevado e intenso treino musical, o apoio que este tipo de atividades pode providenciar a doentes com determinados danos cerebrais deve ser tido em conta, nomeadamente para défices frontais com prejuízo no processamento temporal. Por exemplo, a musicoterapia ou o envolvimento destes indivíduos em atividades simples diretamente relacionadas com música (tendo em conta a gravidade do défice) com um treino relativamente intenso, poderia ser benéfico a vários níveis, nomeadamente ao nível da estimacão temporal, permitindo uma melhoria na qualidade de vida global através da possibilidade da realizacão, com maior sucesso, das atividades diárias que exigem maior precisão temporal (como, por exemplo, cozinhar, prever quando a luz de um sinal de trânsito vai mudar, voltar para ver televisão depois de um intervalo de anúncios, entre outras). Para além disso, a boa capacidade de perceção temporal, que envolve processos de adaptacão e representacão de propriedades temporais dos eventos do meio e da relacão entre eles, é bastante representativa do meio externo imediato, podendo ser vital em situacões temporais muito curtas que requeiram uma açã. Não obstante, há que ter em consideracão o efeito que o treino de música nestes doentes também pode ter nos desempenhos cognitivos noutros domínios (direta ou indiretamente ligados ao treino musical).

Este trabalho tem algumas limitacões. Uma limitacão metodológica prende-se com o facto das duas amostras obtidas terem um número reduzido devido aos recursos disponíveis, não podendo ser extrapoladas para amostras representativas da populacão. No entanto, fornecem uma perspetiva geral acerca das diferencas que podem existir entre músicos profissionais e pessoas sem ligacão à música no que diz respeito às estimativas temporais e, numa abordagem mais lata, acerca das diferencas neurofuncionais que podem existir entre estes dois grupos na perceção temporal. O estudo, também pelo tipo de amostragem escolhido, é um estudo quasi-experimental e por isso é mais limitativo que um estudo experimental puro que oferece a possibilidade de se explorarem temas e contextos de forma científica a partir de desenhos mais ajustados à realidade (Freixo, 2011). Ainda relativamente aos processos de amostragem, era preferível a utilizacão de uma amostragem por estratos, de forma a abranger várias

zonas geográficas, uma vez que neste estudo a maioria dos participantes pertenciam aos distritos de Aveiro e do Porto.

Outra limitação está relacionada com a grande maioria dos participantes se situar no leque de idade entre os 21 e os 25 anos. Embora essas idades estejam compreendidas no intervalo de idade que se pretendia estudar, era preferível a amostra ser mais distribuída em termos de idade no leque dos 18 aos 40 anos, para as amostras serem mais variadas relativamente a esta variável e para abranger um maior leque de representatividade e de possível extrapolação para a população.

O ideal era o número de participantes ser igual no que diz respeito aos sexos. No entanto, devido a limitações de recursos e de tempo, não foi possível cumprir este requisito, sendo que o número de participações femininas foi ligeiramente inferior.

Existiu ainda uma limitação que foi denotada ao longo do estudo relativamente à tarefa temporal no que concerne à quantidade de subtarefas (35) e ao tempo médio de realização da mesma (entre dez a quinze minutos). Alguns participantes reportaram que a tarefa se tornava cansativa por manter o mesmo padrão de tarefa repetidamente, porque, embora os algarismos-alvo e os algarismos que apareciam no ecrã na tarefa não temporal fossem alternando, os objetivos mantinham-se os mesmos durante um longo período de tempo. Esta situação pode ter induzido a um menor esforço, por parte dos participantes, para a realização da tarefa o que pode também ter conduzido a um pior desempenho.

Uma hipótese de estudo futuro seria analisar as diferenças entre músicos profissionais e não músicos mas com uma tarefa comportamental que exija outro tipo de modalidade, uma vez que na vida real a informação não temporal pode aparecer de diversas formas.

Seria interessante reproduzir o mesmo tipo de estudo aqui apresentado dividindo os músicos profissionais em diferentes categorias de instrumentos: cordas, madeiras, metais, percussão, teclas e órgãos de tubos. O objetivo seria verificar se há diferenças na precisão da resposta temporal e de que maneira ocorrem as subestimações e sobrestimações. Era igualmente pertinente utilizar um grupo de músicos que tivesse iniciado o treino musical antes dos sete anos de idade, uma vez que os estudos indicam que se denota um maior volume na parte anterior do corpo caloso para músicos que começaram o treino antes dos sete anos de idade comparativamente aos músicos que iniciaram depois (Schlaug et al., 1995; Lee, Yi Chen & Schlaug 2003).

Em futuros estudos pode também variar-se entre tarefas temporais sem *feedback* e tarefas temporais com *feedback*, de modo a verificar se a motivação tem impacto na estimativa de tempo. Pode verificar-se uma diminuição do erro do julgamento de duração em tarefas de estimação, bem como a diminuição na variabilidade das estimações quando se é dado o *feedback* ao participante acerca da resposta temporal, o que leva a crer que o conhecimento da resposta induz aprendizagem (Franssen & Vandierendonck, 2002).

São necessários estudos longitudinais para ajudar a clarificar a relação causal entre os atributos neurais e cognitivos dos músicos profissionais na área da percepção temporal.

A capacidade para compreender e agir de acordo com as limitações temporais do meio pode ser um requisito fundamental para o comportamento bem-sucedido. Uma vez que há um grande número de dimensões para estudar, cada pequena investigação nesta área pode contribuir com apenas um pequeno passo na jornada colossal para uma maior compreensão da incomparável mente humana.

REFERÊNCIAS

Alexander, G., DeLong, M. & Strick, P. (1986). Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 9, 357-381.

Angrilli, A., Cherubini, P., Pavese, A. & Manfredini, S. (1997). The influence of affective factors on time perception. *Perception and Psychophysics*, 59, 972-982.

Baeta, E. (2002). Bateria para a avaliação neuropsicológica de adultos com epilepsia. *Psicologia*, 16, 79-96.

Bagana, E. & Raciú, A. (2012). Anxiety, impulsiveness and time perception among secondary and high school students. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 33, 890-894.

Bar-Haim, Y., Kerem, A., Lamy, D. & Zakay, D. (2010). When time slows down: the influence of threat on time perception in anxiety. *Cognition and Emotion*, 24, 255-263.

Bauer, L. (2001). Antisocial personality disorder and cocaine dependence: Their effects on behavioral and electroencephalographic measures of time estimation. *Drug and Alcohol Dependence*, 63, 87-95.

Belin, P. et al. (2002). The neuroanatomical substrate of sound duration discrimination. *Neuropsychologia*, 40, 1956-1964.

Berlin, H., Edmund T., Rolls, E. (2004). Time perception, impulsivity, emotionality and personality in self-harming borderline personality disorder patients. *Journal of Personality Disorders*, 18, 358-378.

Binkofski, F. & Block, R. (1996). Accelerated Time Experience after Left Frontal Cortex Lesion. *Neurocase*, 2, 485-493.

Block, R., Hancock, P. & Zakay, D. (2000). Sex differences in duration judgments: a meta-analytic review. *Memory and Cognition*, 28, 1333-1346.

Block, R., Zakay, D. & Hancock, P. (1998). Human Aging and Duration Judgments: A Meta-Analytic Review. *Psychology and Aging*, 13, 584-596.

Block, R. & Zakay, D. (1997). Prospective and retrospective duration judgments: A meta-analytic review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4, 184-197.

Brown, S. (1985). Time perception and attention: the effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. *Perception and Psychophysics*, 38, 115-124.

Brown, S. (1997). Attentional resources in timing: Interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks. *Perception & Psychophysics*, 59, 1118-1140.

Buonomano, D. & Laje, R. (2010). Population clocks: motor timing with neural dynamics. *Trends in Cognitive Science*, 14, 520-527.

Caldeira, Z. & Ferreira, A. (2007). *Psicologia Cognitiva: Um Laboratório Simples*. Lisboa: Climepsi Editores.

Carrasco, M., Redolat, R. & Simón, V. (1998). Effects of Cigarette Smoking on Time Estimation. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 13, 565-573.

Christman, S., Jasper, J., Sontam, V. & Cooil, B. (2007). Individual differences in risk perception versus risk taking: Handedness and interhemispheric interaction. *Brain and Cognition*, 63, 51-58.

Coslett, H., Shenton, J., Dyer, T. & Wiener, M. (2009). Cognitive timing: Neuropsychology and anatomic basis. *Brain Research*, 1254, 38-48.

Coull, J., Frith C., Büchel, C. & Nobre, A. (2000). Orienting attention in time: Behavioral and neuroanatomical distribution between exogenous and endogenous shifts. *Neuropsychologia*, 38, 808-819.

Coull, J., Vidal, F., Nazarian, B. & Macar, F. (2004). Functional anatomy of the attentional modulation of time estimation. *Science*, 303, 1506–1508.

Craik, F. & Hay, J. (1999). Aging and judgments of duration: Effects of task complexity and method of estimation. *Perception and Psychophysics*, 61, 549-560.

Dolu, N. et al. (2004). Sex-related differences in time estimation and the role of expectancy. *International Journal of Neuroscience*, 114, 805-815.

Droit-Volet, S., Tournet, S., Wearden, J. (2004). Perception of the duration of auditory and visual stimuli in children and adults. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57, 797–818.

Droit-Volet, S., Meck, W. & Penney, T. (2007). Sensory modality and time perception in children and adults. *Behavioural Processes*, 74, 244–250.

Elbert, T., Pantev, D., Wienbruch, C., Rockstroh, B. & Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270, 305–306.

Elias, L., Bulman-Fleming, M. & McManus, I. (1999). Visual temporal asymmetries are related to asymmetries in linguistic perception. *Neuropsychologica*, 37, 1243-1249.

Ericsson, K., Krampe, R. & Tesch-Romer, C. (1993). The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. *Psychological Review*, 100, 363-406.

Ericsson, K., Nandagopal, K. & Roring, R. (2005). Giftedness viewed from the expert performance perspective. *Journal for the Education of the Gifted*, 28, 287–311.

Forgeard, M., Winner, E., Norton, A. & Schlaug, G. (2008). Practicing a Musical Instrument in Childhood is Associated with Enhanced Verbal Ability and Nonverbal Reasoning. *Public Library of Science*, 3, 1-8.

Fraisse, P. (1984). Perception and Estimation of Time. *Annual Review of Psychology*, 35, 1-36.

Franssen, V., Vandierendonck, A. (2002). Time estimation: does the reference memory mediate the effect of knowledge of results? *Acta Psychologica*, 109, 239-267.

Freixo, M. (2011). *Metodologia Científica*. Lisboa: Instituto Piaget.

Fuster, J. (1973). Unit activity in prefrontal cortex during delayed response performance: Neuronal correlates of transient memory. *Journal of Neurophysiology*, 36, 61-78.

Gaser, C. & Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and non-musicians. *Journal of Neuroscience*, 23, 9240–9245.

Gibbon, J., Malapini, C., Dale, C. & Gallistel, C. (1997). Toward a neurobiology of temporal cognition: advances and challenges. *Current Opinion in Neurobiology*, 7, 170-184.

Glicksohn, J. (2001). Temporal cognition and the phenomenology of time: a multiplicative function for apparent duration. *Consciousness and Cognition*, 10, 1-25.

Güçlü, B., Sevinç, E. & Canbeyli, R (2011). Duration Discrimination by Musicians and Nonmusicians. *Psychological Reports*, 108, 675-687.

Gunstad, J., Cohen, R., Paul, R., Luyster, F. & Gordon, E. (2006). Age effects in time estimation: Relationship to frontal brain morphology. *Journal of Integrative Neuroscience*, 5, 75–87.

Gupta, A. & Khosla, M. (2006). Influence of Mood on Estimation of Time. *Journal of the Indian Academy of Applied Psychology*, 32, 53-60.

Hallett, M., Shahani, B. & Young, R. (1975). EMG analysis of patients with cerebellar deficits. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 38, 1163-1169.

Harrington et al. (2004). Neural representation of interval encoding and decision making. *Cognitive Brain Research*, 21, 193-205.

Harrington D., Lee R., Boyd .L, Rapcsak S. & Knight R. (2004) Does the representation of time depend on the cerebellum? Effect of cerebellar stroke. *Brain*, 125, 561–574.

Harrington, D., Haaland, K. & Knight, R. (1998). Cortical Networks Underlying Mechanisms of Time Perception. *The Journal of Neuroscience*, 18, 1085-1095.

Hinton, S. & Meck, W. (2004). Frontal–striatal circuitry activated by human peak-interval timing in the supra-seconds range. *Cognitive Brain Research*, 21, 171-182.

Hutchinson, S., Lee, L., Gaab, N. & Schlaug, G. (2003). Cerebellar volume of musicians. *Cerebral Cortex*, 13, 943-949.

Ivry, R. (1996). The representation of temporal information in perception and motor control. *Current Opinion in Neurobiology*, 6, 851-857.

Ivry, R. & Keele, S. (1989). Timing functions of the cerebellum. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1, 136-152.

Ivry, R., Keele, S. & Diener, H. (1988). Dissociation of the lateral and medial cerebellum in movement timing and movement execution. *Experimental Brain Research*, 73, 167-180.

Ivry, R. & Spencer, R. (2004). The neural representation of time. *Current Opinion in Neurobiology*, 14, 225-232.

Jasper, J. & Christman, S. (2005). A Neuropsychological Dimension for Anchoring Effects. *Journal of Behavioral Decision Making*, 18, 343-369.

Jones, C., Rosenkranz, K., Rothwell, J. & Jahanshahi, M. (2004). The right dorsolateral prefrontal cortex is essential in time reproduction: an investigation with repetitive transcranial magnetic stimulation. *Experimental Brain Research*, 158, 366-372.

Jueptner, M. et al. (1995). Localization of a cerebellar timing process using PET. *Neurology*, 45, 1540-1545.

Kagerer, F., Wittmann, M., Szélag, E. & Steinbüchel, N. (2002). Cortical involvement in temporal reproduction: evidence for differential roles of the hemispheres. *Neuropsychologia*, 40, 357-366.

Kawashima, R. et al. (2000). Human cerebellum plays an important role in memory-timed finger movement: an fMRI study. *Journal of Neurophysiology*, 83, 1079-1087.

Knecht, S. et al. (2000). Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain*, 123, 2512-2518.

Koelsch, S. et al. (2004). Music, language and meaning: Brain signatures of semantic processing. *Nature Neuroscience*, 7, 302-307.

Koelsch, S. & Siebel, W. (2005). Towards a neural basis of music perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 578-584.

Lake, J. & LaBar, K. (2011). Unpredictability and uncertainty in anxiety: a new direction for emotional timing research. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 5, 1-4.

Lang, P., Davis, M. & Öhman, A. (2000). Fear and anxiety: animal models and human cognitive psycho-physiology. *Journal of Affective Disorders*, 61, 137-159

Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of experimental psychology: Human perception & performance*, 21, 451-468.

LeDoux, J. (1995). Emotion: Clues from the Brain. *Annual Review of Psychology*, 46, 209-235.

Lee, D., Chen, Y. & Schlaug, G. (2003). Corpus callosum: Musician and gender effects. *Neuroreport*, 14, 205-209.

Lewis, P. & Miall, R. (2003). Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: evidence from neuroimaging. *Current Opinion in Neurobiology*, 13, 250-255.

Lezak, M., Howieson, D. & Loring, D. (2004). *Neuropsychological Assessment*. New York: Oxford University Press, Inc.

Liss, M., Fein, D., Bullard, S. & Robins, D. (2000). Brief Report: Cognitive Estimation in Individuals with Pervasive Developmental Disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 30, 613-618.

Lueck, M. (2007). Anxiety Levels: Do they Influence the Perception of Time? *Journal of Undergraduate Research*, 10, 1-5

Macar, F. et al. (2002). Activation of the supplementary motor area and of attentional networks during temporal processing. *Experimental Brain Research*, 142, 475-485.

Macar, F., Anton, J., Bonnet, M. & Vidal, F. (2004). Timing functions of the supplementary motor area: an event-related fMRI study. *Cognitive Brain Research*, 21, 206-215.

Mădălina, S. (2011). *Cognitive Mechanisms Involved in the Subjective Time Perception* (Tese de doutoramento, Roménia, Cluj-Napoca). Retirado a partir de

http://doctorat.ubbcluj.ro/sustinerea_publica/rezumat/2011/psihologie/sucala_madalina_en.pdf

Malapani, C. et al. (1998). Coupled temporal memories in Parkinson's disease: a dopamine-related dysfunction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 316-331.

Mangels, J. & Ivry, R. (2001). Time Perception. In B. Rapp, *The Handbook of Cognitive Neuropsychology* (pp. 467-493). East Sussex, UK : Psychology Press.

Mangels, J., Ivry, R. & Shimizu, N. (1998). Dissociable contributions of the prefrontal and neocerebellar cortex to time perception. *Cognitive Brain Research*, 7, 15-39.

Manser, M. & Hancock, P. (1996). Influence of Approach Angle on Estimates of Time-To-Contact. *Ecological Psychology*, 8, 71-99.

Marchetti, G. (2009). Studies on time: a proposal on how to get out of circularity. *Cognitive Processing*, 10, 7-40.

Maroco, J. (2010). *Análise Estatística – Com utilização do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo, Lda.

Mauk, M. & Buonomano, D. (2004). The Neural Basis of Temporal Processing. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 307-340.

Meck, W. (1996). Neuropharmacology of timing and time perception. *Cognitive Brain Research*, 3, 227-242.

Miranda, E. & Overy, K. (2009). Preface: The Neuroscience of Music. *Contemporary Music Review*, 28, 247-250.

Nagarajan, S., Blake, D., Wright, B., Byl, N. & Merzenich, M. (1998). Practice-Related Improvements in Somatosensory Interval Discrimination Are Temporally Specific But

Generalize across Skin Location, Hemisphere, and Modality. *The Journal of Neuroscience*, 18, 1559-1570.

NAN. (2002). *Cognitive rehabilitation, official position of the national academy of neuropsychology*. Retirado a 02 de Julho de 2010, a partir de <http://nanonline.org/downloads/paio/Position/NANPositionCogRehab.pdf>.

Nichelli, P., Alway, D. & Grafman, J. (1996). Perceptual timing in cerebellar degeneration. *Neuropsychologia*, 34, 863-871.

Norton, A. et al. (2005). Are there pre-existing neural, cognitive, or motoric markers for musical ability? *Brain and Cognition*, 59, 124-134.

Oldfield, R. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.

Onoe, H., Komori, M., Onoe, K., Takechi, H., Tsukada, H. & Watanabe, Y. (2001). Cortical Networks Recruited for Time Perception: A Monkey Positron Emission Tomography (PET) Study. *NeuroImage*, 13, 37-45.

Overy, K. (2003). Dyslexia and Music: from Timing Deficits to Musical Intervention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 497-505.

Parbery-Clark, A., Skoe, E. & Kraus, N. (2009). Musical Experience Limits the Degradative Effects of Background Noise on the Neural Processing of Sound. *The Journal of Neuroscience*, 29, 14100-14107.

Parsons, L., Sergent, J., Hodges, D. & Fox, P. (2005). The brain basis of piano performance. *Neuropsychologia*, 43, 199-215.

Patel, A. D. (2003). Language, music, syntax and the brain. *Nature Neuroscience*, 6, 674-681.

Patson, L., Hogg, S. & Tippett, L. (2007). Attention in musicians is more bilateral than in non-musicians. *Laterality*, 12, 262-272.

Patson, L., Corballis, M., Hogg, S. & Tippett, L. (2006). The neglect of musicians: Line bisection reveals an opposite bias. *Psychological Science*, 17, 1029-1031.

Penhune, V., Zatorre, R. & Evans, A. (1998). Cerebellar contributions to motor timing: A PET study of auditory and visual rhythm reproduction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 752-765.

Perbal, S., Couillet, J., Azouvi, P. & Pouthas, V. (2003). Relationship between time estimation, memory, attention, and processing speed in patients with severe traumatic brain injury. *Neuropsychologia*, 41, 1599–1610.

Perbal, S., Pouthas, V., & Van der Linden, M. (2000). Time estimation and amnesia: A case study. *Neurocase*, 6, 347–356.

Peretz, I. (2001). Music Perception and Recognition. In B. Rapp, *The Handbook of Cognitive Neuropsychology* (pp. 519-540). East Sussex, UK : Psychology Press.

Peretz, I. & Coltheart, M. (2003). Modularity of Music Processing. *Nature Neuroscience*, 6, 688-691.

Peretz, I. & Zatorre, R. (2005). Brain Organization for Music Processing. *Annual Review of Psychology*, 56, 89-114.

Pöppel, E. (2004). Lost in time: a historical frame, elementary processing units and the 3-second window. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 64, 295-301.

Rammsayer, T. & Classen, W. (1997). Impaired Temporal Discrimination in Parkinson's Disease: Temporal Processing of Brief Durations as an Indicator of Degeneration of Dopaminergic Neurons in the Basal Ganglia. *International Journal of Neuroscience*, 91, 45-55.

Rammsayer, T. & Lima, S. (1991). Duration discrimination of filled and empty auditory intervals: cognitive and perceptual factors. *Perception & Psychophysics*, *50*, 565–574.

Rao, S. et al. (1997). Distributed Neural Systems Underlying the Timing of Movements. *The Journal of Neuroscience*, *17*, 5528-5535.

Rattat, A. & Volet-Droit, S. (2012). What is the best and easiest method of preventing counting in different temporal tasks? *Behavioral Research*, *44*, 67-80.

Rubia et al. (1998). Prefrontal involvement in “temporal bridging” and timing movement. *Neuropsychologia*, *36*, 1283-1293.

Rubia, K. & Smith, A. (2004). The neural correlates of cognitive time management: a review. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, *64*, 329–340.

Salthouse, T., Rogan, J. & Prill, K. (1984). Division of attention: Age differences on a visually presented memory task. *Memory & Cognition*, *12*, 613-620.

Särkämö, T. et al. (2008). Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain*, *131*, 866-876.

Schellenberg, E. (2001). Music and nonmusical abilities. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *930*, 355 - 371.

Schellenberg, E. (2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, *15*, 511 - 514.

Schellenberg, E. (2006). Long-term positive associations between music lessons and IQ. *Journal of Educational Psychology*, *98*, 457- 468.

Schlaug, G., Jäncke, L., Huang, Y., Staiger, J. F. & Steinmetz, H. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, *33*, 1047–1054.

Schlaug, G., Jäncke, L., Huang, Y. & Steinmetz, H. (1995). In vivo evidence of structural brain asymmetry in musicians. *Science*, 267, 699–701.

Schmitter-Edgecombe, M. & Rueda, A. (2008). Time estimation and episodic memory following traumatic brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30, 212-223.

Schneider et al. (2002). Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians. *Nature Neuroscience*, 5, 688-694.

Sevinç, E. (2007). *The effects of extensive musical training on time perception regarding hemispheric lateralization, different time ranges and generalization to different modalities* (tese de mestrado não publicada). Institute for Graduate Studies in Social Sciences, Boğaziçi.

Shallice T., & Evans, M. E. (1978). The involvement of the frontal lobes in cognitive estimation. *Cortex*, 14, 294-303.

Selemon, L. & Goldman-Rakic, P. (1988). Common cortical and subcortical targets of the dorsolateral prefrontal and posterior parietal cortices in the rhesus monkey: Evidence for a distributed neural network subserving spatially guided behavior. *Journal of Neuroscience*, 8, 4049-4068.

Sévigny, M., Everett, J. & Grondin, S. (2003). Depression, attention, and time estimation. *Brain and Cognition*, 53, 351-353.

Sevinç, E. (2007). *The effects of extensive musical training on time perception regarding hemispheric lateralization, different time ranges and generalization to different modalities* (tese de mestrado não publicada). Institute for Graduate Studies in Social Sciences, Boğaziçi.

Stein, D. (2000). Brain Injury and Theories of Recovery. In A. Christensen, *International Handbook of Neuropsychological Rehabilitation* (pp. 9-32). New York: Plenum Publishers.

Sternberg, S. & Knoll, R. (1984). Perception, Production, and Imitation of Time Ratios by Skilled Musicians. *Timing and Time Perception*, 423, 429-441

Thomas, E. & Brown, I. (1974). Time perception and the filled-duration illusion. *Perception & Psychophysics*, 16, 449-458.

Thomas, E. & Weaver, W. (1975). Cognitive processing and time perception. *Perception & Psychophysics*, 17, 363-367.

Tombaugh, T. (2004). Trail Making Test A and B: Normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19, 203-214.

Tse, P., Intriligator, J., Rivest, J. & Cavanagh, P. (2004). *Attention and the subjective expansion of time*, 66, 1171-1189.

Vohs, K., & Schmeichel, B. (2003). Self-regulation and the extended now: controlling the self-alter the Subjective Experience of Time. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85, 217-230.

Walker, A., Batchelor, J., Shores, A. & Jones, M. (2010). Effects of cultural background on WAIS-III and WMS-III performances after moderate–severe traumatic brain injury. *Australian Psychologist*, 45, 112-122

Wearden, J. & Lejeune, H. (2008). Scalar properties in human timing: Conformity and violations. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 569-587.

Wearden, J., O'Rourke, S., Matchwick, C., Min, Z. & Maeers, S. (2010). Task switching and subjective duration. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63, 531-543.

Westfall, J., Jasper, J. & Zelmanova, Y. (2010). Differences in time perception as a function of strength of handedness. *Personality and Individual Differences*, 49, 629-633.

Wetter, O., Koerner, F. & Schwaninger, A. (2009). Does musical training improve school performance? *Instructional Science*, 2009, 365-374.

Wiener, M. & Coslett, B. (2008). Disruption of temporal processing in a subject with probable frontotemporal dementia. *Neuropsychologia*, 46, 1927-1939.

Wittmann, M. (1999). Time perception and temporal processing levels of the brain. *Chronobiology International*, 16, 17 - 32.

Zackay, D. & Block, R. (1997). Temporal Cognition. *Current Direction in Psychological Science*, 6, 12-16.