

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
NEUROCIÊNCIAS E COMPORTAMENTO**

THENILLE BRAUN JANZEN

Análise psicofísica de medidas subjetivas de tempo em contexto rítmico

São Paulo

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

THENILLE BRAUN JANZEN

Análise psicofísica de medidas subjetivas de tempo em contexto rítmico

Dissertação apresentada ao Instituto de Psicologia da
Universidade de São Paulo como parte das exigências
para obtenção do título de Mestre em Neurociências e
Comportamento.

Programa de Pós-Graduação: Neurociências e
Comportamento

Orientador: Prof. Dr. Ronald D. P. K. Ranvaud

São Paulo

2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação
Biblioteca Dante Moreira Leite
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Janzen, Thenille Braun.

Análise psicofísica de medidas subjetivas de tempo em contexto rítmico / Thenille Braun Janzen; orientador Ronaldo D. Ranvaud. -- São Paulo, 2009.

98 p.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

1. Ritmo 2. Percepção de tempo 3. Atenção 4. Cognição musical
I. Título.

BF475

Janzen, Thenille Braun. **Análise psicofísica de medidas subjetivas de tempo em contexto rítmico**. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ERRATA

Folha	Onde se lê	Leia-se
68	527,5 ms	572,5 ms
85	527,5 ms	572,5 ms

THENILLE BRAUN JANZEN

Análise psicofísica de medidas subjetivas de tempo em contexto rítmico

Dissertação apresentada ao Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Neurociências e Comportamento, para a comissão formada pelos seguintes professores:

Orientador:

Profº Dr. Ronald Dennis Paul Kenneth Ranvaud
Instituto de Ciências Biomédicas, USP

Examinadores:

Prof. Dr. Russel David Hamer
Instituto de Psicologia, USP

Prof. Dr. Renato Teodoro Ramos
Faculdade de Psicologia e Fonoaudiologia, Universidade Metodista

Dissertação defendida e aprovada em: ____/____/____

*Porque D'Ele, e por Ele, e para Ele são todas as coisas;
glórias, pois a Ele eternamente. Amém.
Romanos 11:36*

Agradecimentos

Muitos nomes deveriam ser citados nesta página reservada à expressão pública de minha gratidão a contribuição direta e indireta na realização deste trabalho, que, muito mais do que apenas um projeto de pesquisa, é um primeiro passo em minha vida como pesquisadora.

Primeiramente, agradeço ao Prof. Ranvaud pela oportunidade que mudou a minha vida. Sou muito grata à sua confiança, dedicação, paciência e empenho em procurar fazer a diferença em meu crescimento como pesquisadora e pessoa.

Meus sinceros agradecimentos a Thales Rebouças por sua amizade, paciência, empenho e contribuições sem medida a esta pesquisa. Esse trabalho não seria possível sem a sua incansável ajuda. Também agradeço ao prof. Russell D. Hamer por seu interesse genuíno em nossa temática de trabalho e pela fundamental colaboração.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Ao Instituto de Psicologia e ao Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo representada por seus professores, funcionários e técnicos que tornaram possível a realização deste trabalho.

A todos os voluntários que participaram desta pesquisa.

À amizade e acolhimento a todos os amigos do laboratório. Às minhas amigas mais chegadas que irmãs, Angélica Soratto Jacinto e Valtenice França, obrigada por me ouvirem. A todos os meus amigos espalhados por São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso ... obrigada a todos pelo incentivo.

Meus eternos agradecimentos e dedicatórias à minha mãe - meu fundamento, e aos meus irmãos. Obrigada por me apoiarem nesse projeto de vida. Amo vocês.

Resumo

JANZEN, Thenille Braun. **Análise psicofísica de medidas subjetivas de tempo em contexto rítmico**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

Objetivo. Estudar mecanismos que limitam a precisão em tarefas de produção de ritmos e sincronização sensório-motora a partir da análise da variabilidade observada em tarefas de tempo espontâneo, sincronização sensório-motora a pistas periódicas externas luminosas e sonoras, e ainda, na manutenção da ritmicidade definida por pistas externas, depois destas serem removidas. **Método.** Um total de 11 participantes (idade média de ± 23 anos, 5 homens, destros e sem formação musical) executaram tarefas que requeriam a batida do dedo, com vínculo de ser o mais regular possível, em 3 experimentos: batida de um ritmo espontâneo, sincronização a estímulos periódicos externos (luminosos e sonoros) com período de 200 ms, 400 ms e 800 ms, e da manutenção de um ritmo constante definido por esses estímulos, mesmo depois de sua suspensão. A análise dos dados privilegiou a análise dos desvios padrão e coeficientes de variação nos experimentos. **Resultados.** Constatou-se que a periodicidade média escolhida pelos participantes na tarefa de ritmo espontâneo foi de 527,5 ms, com desvio padrão de ± 107 ms, correspondendo a uma faixa de frequências em torno 2 Hz. Também identificou-se que o desvio padrão médio dos participantes nesta tarefa foi de aproximadamente 29 ms. Com relação aos experimentos de sincronização (e continuidade) a estímulos periódicos luminosos e sonoros, constatou-se que a sincronização com estímulos luminosos é significativamente mais imprecisa e variável do que a sincronia a pistas auditivas ($p = 0.005$). Essa diferença se manteve mesmo nas tarefas de continuação, depois das pistas sonoras ou luminosas terem sido suspensas. Surpreendentemente, a estabilidade das batidas na fase de continuação da ritmicidade depois da suspensão das pistas externas foi significativamente *melhor* do que na fase de sincronia às pistas, tanto luminosas quanto sonoras ($p < 0.004$). Outro resultado importante é que o coeficiente de variação mantém-se constante em todas as situações experimentais em aproximadamente 5%. **Discussão.** Os dados deste estudo confirmam afirmações da literatura que sugerem que o tempo espontâneo dos movimentos está em torno de 2 Hz, o que reforça a idéia que há substratos anatômicos que embasam a escolha de um ritmo espontâneo que são relativamente constantes entre as pessoas. Também foi possível confirmar hipóteses sugeridas na literatura de que, a sincronia a estímulos sonoros é significativamente mais precisa e menos variável que em condições com pistas luminosas. A maior estabilidade na fase de continuidade do que na fase de sincronia com os estímulos guia, faz pensar que há interferências das pistas externas ao relógio interno. **Conclusão.** A estabilidade do coeficiente de variação em todos os experimentos sugere o envolvimento direto de mecanismo de acumulação nos relógios internos, pelo menos nas escalas de tempo dos experimentos (200 a 800 ms). Concluiu-se também que a faixa de 2 Hz presente em movimentos rítmicos oscilatórios é provavelmente inerente a substratos anatômicos que são relativamente constantes entre os indivíduos. Finalmente, não foi possível separar a contribuição do relógio interno à variabilidade das batidas de dedo, pois na continuidade de batidas em ritmo inicialmente definido por pulsos, luminosos ou sonoros, a estabilidade melhorou, em vez de piorar.

Palavras-chave: Ritmo; Percepção de tempo; Atenção; Cognição Musical.

Abstract

JANZEN, Thenille Braun. **Psychophysical analysis of subjective measures of time in rhythmic context.** Master Dissertation. Dissertação de Mestrado. Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

Purpose: To study mechanisms that limits the accuracy in rhythm production and sensorimotor synchronization. It is proposed to do an analysis from the variability in spontaneous time tasks and sensorimotor synchronization through periodic external light and sound clues, and also in a continuation task. **Methods:** A total of 11 participants (mean age \pm 23 years, 5 men, right handed and musically untrained) performed finger tapping in 3 experiments: spontaneous time, synchronization to external periodic stimuli (lights and sound) with periods of 200 ms, 400 ms and 800 ms, and maintaining a steady pace set by these stimuli, even after his suspension. Data analysis focused on analysis of standard deviations and coefficients of variation. **Results:** It was found that the average frequency chosen by the participants in the task of the spontaneous rhythm was 527.5 ms with a standard deviation of \pm 107 ms, corresponding to a frequency around 2 Hz. It was also identified that the standard deviation average in this task was approximately 29 ms. Regarding the experiments of synchronization (and continuity) to periodic light and sound stimuli, it was found that the synchronization with light stimuli is significantly more imprecise and variable than the auditory stimuli ($p = 0.005$). This difference remained even in the continuation tasks. Surprisingly, the stability in the continuation task was significantly better than during the synchronization ($p < 0.004$). Another important result is that the coefficient of variation is approximately 5% in all experiments. **Discussion:** Data from this study confirm literature suggestion that the spontaneous time of movements is around 2 Hz, which reinforces the idea that the anatomical substrates, that underlie the choice of a spontaneous rhythm, are relatively constant between individuals. It was also possible to confirm hypotheses suggested in the literature that the timing of stimuli is significantly more accurate and less variable than in conditions with light stimuli. The greater stability in the continuation phase than in synchrony with the stimuli guide, suggests that there is interference of external cues in the internal clock. **Conclusion:** The stability of the coefficient of variation in all experiments suggest the direct involvement of accumulation mechanisms in the internal clock, at least on time scales used in these experiments (200 to 800 ms). It was also concluded that the frequency of 2 Hz in the rhythmic oscillatory movements is probably inherent in anatomical substrates that are relatively constant between individuals. Finally, it was not possible to separate the contribution of the internal clock to the variability of finger taps, because the continuation phase is better than synchronization to light or sound stimuli.

Keywords: Rythm; Time Perception; Attention; Music Cognition.

Lista de Figuras

Figura 1. Modelo de relógio interno proposto por Treisman (1963). Adaptado de Droit-Volet; Meck (2007).

Figura 2. Modelo de Relógio Interno proposto por Mech e Church (1983). Adaptado de Droit-Volet; Meck (2007).

Figura 3. Representação de regiões corticais e subcorticais também envolvidos na percepção de tempo, tais como, área motora suplementar, córtex motor primário, córtex pré-motor, tálamo, núcleos da base e cerebelo. Fonte: Kandel et al., 2003, p. 762.

Figura 4. Imagem representando o modelo de atenção visual de Posner (1980) – *Spotlight Model*.

Figura 5. Materiais e equipamentos da sala de experimentos.

Figura 6. Equipamentos utilizados na pesquisa.

Figura 7. Participante na posição em situação experimental.

Figura 8. Diagrama do Experimento 1.

Figura 9. Diagrama com a representação esquemática da apresentação dos estímulos luminosos em cada bloco do experimento 2.

Figura 10. Diagrama com a representação esquemática de apresentação dos estímulos em cada bloco do experimento 3.

Figura 11. Desempenho de um dos voluntários na tarefa de tempo espontâneo. No primeiro gráfico acima, observa-se no eixo das ordenadas o tempo acumulado em segundos, enquanto no eixo das abscissas o número de eventos (batidas do dedo). No segundo gráfico encontram-se no eixo das ordenadas os períodos médios em ms, enquanto no eixo das abscissas o número de batidas. Ao lado do segundo gráfico podem-se observar algumas informações estatísticas descritivas, como, o número de toques (N), mínima (Min), mediana (Men), média (Avr), desvio padrão (Std), variância (Var) e coeficiente de variação (CV).

Figura 12. Representação de valores acumulados decorrentes de artefato. No eixo das ordenadas encontram-se os períodos médios em ms, e no eixo das abscissas o número de batidas. Os traços positivos em verde representam as batidas do participante na tarefa com pistas com períodos de 200 ms, já os traços azuis negativos representam o momento de geração dos estímulos pelo programa (valores divididos por 10 para redução da área do gráfico). Círculo preto destaca a ausência de registro de resposta.

Figura 13. Desempenho de um dos voluntários na tarefa de tempo espontâneo. No gráfico acima, observa-se no eixo das ordenadas o tempo acumulado em segundos, enquanto no eixo das abscissas o número de eventos (batidas do dedo). No segundo gráfico encontram-se no eixo das ordenadas os períodos médios em ms, enquanto no eixo das abscissas o número de batidas. A linha pontilhada verde representa a mediana local, enquanto a linha pontilhada vermelha corresponde ao limite correspondente a duas vezes a mediana local, menos um desvio padrão.

Figura 14. Gráfico ilustra os dados da tarefa de tempo espontâneo depois do processo de tratamento dos dados acumulados em decorrência de artefatos. No gráfico superior, observa-se no eixo das ordenadas o tempo acumulado em segundos, enquanto no eixo das abscissas o número de eventos (batidas do dedo). No segundo gráfico encontram-se no eixo das ordenadas os períodos médios em ms, enquanto no eixo das abscissas o número de batidas.

Figura 15. Dados antes e depois do processo de tratamento dos valores acumulados em decorrência de artefatos. Os gráficos apresentam no eixo das ordenadas a representação dos períodos médios (ms) e no eixo das abscissas o número de eventos (batidas do dedo). O primeiro gráfico representa os dados brutos obtidos na tarefa de sincronização a estímulos luminosos de período de 200 ms. Os traços verticais azuis indicam as respostas dos participantes enquanto os traços pretos negativos a apresentação dos estímulos. A linha tracejada vermelha na horizontal do gráfico superior representa a faixa de seleção dos valores acumulados segundo critérios descritos, que envolvem desvio padrão e mediana local.

Figura 16. Os valores dos participantes estão representados por símbolos e cores distintas, juntamente com a barra de erro referente ao desvio padrão na tarefa. O eixo das coordenadas representa o período médio em ms, enquanto eixo das abscissas indica o número (arbitrário) utilizado para identificar os participantes.

Figura 17. Desempenho médio na tarefa de tempo espontâneo. No gráfico superior, observa-se no eixo das ordenadas o tempo acumulado (soma dos intervalos entre batidas sucessivas) em segundos, enquanto no eixo das abscissas o número de eventos (batidas do dedo) tempo. No segundo gráfico encontram-se no eixo das ordenadas os intervalos entre batidas sucessivas, em ms, enquanto no eixo das abscissas o tempo em que cada batida ocorreu.

Figura 18. Intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos luminosos de 200 ms. O gráfico superior apresenta nas ordenas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. O eixo das ordenas apresenta os períodos médios em ms, e o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante de fato bateu o dedo.

Figura 19. Gráfico apresenta os intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos sonoros de 200 ms. O gráfico superior apresenta no eixo das ordenas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas sonoras, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário de fato bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. Portanto, o eixo das ordenas apresenta os períodos instantâneos em ms, enquanto o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante bateu o dedo.

Figura 20. Gráfico apresenta os intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos luminosos de 400 ms. O gráfico superior apresenta no eixo das ordenas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas luminosas, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário de fato bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. Portanto, o eixo das ordenas apresenta os períodos instantâneos em ms, enquanto o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos rosas representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante bateu o dedo.

Figura 21. Gráfico apresenta os intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos sonoros de 400 ms. O gráfico superior apresenta no eixo das ordenas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas sonoras, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário de fato bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. Portanto, o eixo das ordenas apresenta os períodos instantâneos em ms, enquanto o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante bateu o dedo.

Figura 22. Gráfico apresenta os intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos luminosos de 800 ms. O gráfico superior apresenta no eixo das ordenas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas luminosas, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário de fato bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. Portanto, o eixo das ordenas apresenta os períodos instantâneos em ms, enquanto o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante bateu o dedo.

Figura 23. Gráfico apresenta os intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos sonoros de 800 ms. O gráfico superior apresenta no eixo das ordenadas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas sonoras, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário de fato bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. Portanto, o eixo das ordenadas apresenta os períodos instantâneos em ms, enquanto o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante bateu o dedo.

Figura 24. Coeficiente de variação dos desvios padrão dos intervalos entre batidas sucessivas em todas as doze condições estudadas, para todos os participantes analisados. Eixo das ordenadas apresenta valores de coeficiente de variação em porcentagem, e o eixo das abscissas o número referente a cada condição, sendo:

1: Sinc. Luz 200 ms; 2: Sinc. Som 200 ms; 3: Sinc. Luz 400 ms; 4: Sinc. Som 400 ms; 5: Sinc. Luz 800 ms; 6: Sinc. Som 800 ms; 7: Cont. Luz 200 ms; 8: Cont. Som 200 ms; 9: Cont. Luz 400 ms; 10: Cont. Som 400 ms; 11: Cont. Luz 800 ms; 12: Cont. Som 800 ms.

Lista de Tabelas

Tabela 1. Dados do experimento 1 com todos os participantes. Participantes excluídos da análise final foram identificados através de um asterisco (*).

Tabela 2. Desvios padrão médio para os onze participantes nas duas fases dos experimentos 2 e 3. Os participantes excluídos da análise foram sinalizados (*).

Tabela 3. Períodos médios e desvios padrão para os participantes analisados.

Tabela 4. Valores de coeficiente de variação para todos os participantes analisados.

Tabela 5. Comparação do desempenho com pistas luminosas e sonoras: razão dos desvios padrão para Luz e Som ($DP(Luz)/DP(Som)$) em cada experimento para todos os voluntários.

Tabela 6. Comparação do desempenho na fase de sincronia e continuação: razão dos desvios padrão para Sincronia e Continuação ($DP(Cont)/DP(Sincro)$) em cada experimento para todos os voluntários.

Tabela 7. Desvios padrão dos intervalos entre batidas sucessivas para todos os participantes analisados nas doze condições estudadas. Destacam-se em negrito os valores superiores a 40 ms.

Tabela 8. Coeficiente de Variação (CV) dos desvios padrão dos intervalos entre batidas sucessivas em todos os experimentos, para todos os participantes. Valores acima de 10% são realçados para salientar o fato que são raros.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Tempo Espontâneo	18
1.2. Relógios Internos	21
1.2.1. Estruturas neurais	25
1.2.2. A influência da modalidade sensorial dos estímulos	30
1.3. Aspectos motores da variabilidade	33
1.3.1. Assincronia negativa	33
1.3.2. Correção de Período e Correção de Fase	36
1.4. Mecanismos atencionais	39
1.5. Hipótese de Pesquisa	41
2. OBJETIVOS	43
2.1. Objetivo Geral	43
2.2. Objetivos Específicos	44
3. MATERIAIS E MÉTODOS	44
3.1. Situação ou Contexto	44
3.2. Participantes	45
3.3. Sala de Experimentos	46
3.4. Equipamentos	47
3.5. Estímulos	48
3.5.1. Estímulos Sonoros	48
3.5.2. Estímulos Luminosos	49
3.6. Procedimentos Experimentais	50
3.6.1. Sessão de Familiarização	51
3.6.2. Sessão de Coleta	52

3.7. Protocolo Experimental	53
3.7.1. Experimento 1	54
3.7.2. Experimento 2	55
3.7.3. Experimento 3	57
3.8. Análise Estatística	58
3.8.1. Organização dos dados	58
3.8.2. Critério de tratamento dos dados	61
3.8.3. Análise dos dados	65
4. RESULTADOS	68
4.1. Experimento 1 - Tempo Espontâneo	68
4.1.1. Períodos médios produzidos	68
4.1.2. Variabilidade	70
4.2. Sincronização a estímulos externos	72
5. DISCUSSÃO	85
5.1. Tempo Espontâneo	85
5.2. Sincronização a estímulos externos	86
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
Anexo A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	95
Anexo B – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Humana	97

1. INTRODUÇÃO

O tempo, enquanto essência que permite a mensuração e internalização do *quando*, é fator essencial para sequenciar e ordenar eventos, precisar durações e intervalos, e ainda, para quantificar movimento. A nossa consciência e a sensação de unicidade e continuidade como indivíduos, depende de memória, e, nesse sentido, depende também de um registro temporal, ou seja, da percepção de tempo.

Dentre as diversas atividades nas quais o tempo é uma dimensão fundamental, a capacidade de sincronização de uma ação de forma temporalmente coordenada com estímulos externos é uma competência particularmente importante. Essa peculiar habilidade de sincronização sensório-motora é indispensável para atividades nas quais os movimentos e a percepção de tempo devem ser coordenados de maneira precisa, e pode ser observada em sua forma mais apurada e complexa em atividades, como, o esporte, a dança, e a música.

No esporte, como, por exemplo, o tênis, os jogadores possuem apenas alguns milissegundos para antecipar a direção da bola, posicionar o seu corpo no ângulo mais favorável, e coordenar a ação motora de forma precisa para atingir a bola no momento exato (Wallisch, 2008). Na dança, os movimentos do corpo devem estar em contínua sincronia com o pulso da música (Flach, 2005). Porém, de todas as atividades humanas, talvez seja na música que a experiência de tempo seja a mais íntima, a mais pura, e mais direta (Ranvaud; Janzen, 2009).

A sincronização sensório-motora com precisão é algo fundamental para as atividades musicais. Músicos tocando em um grupo de câmara, por exemplo, devem sincronizar suas ações com os demais instrumentistas de forma muito precisa, utilizando,

para tanto, pistas temporais visuais e auditivas. Músicos de orquestra possuem um desafio adicional que é seguir os gestos do maestro, cujos movimentos apresentam como objetivo central a condução do grupo de instrumentistas em sincronia no tempo.

Músicos populares ou de bandas de *jazz* coordenam suas ações com o tempo (pulso) da música gerado pelo baterista ou percussionista (Repp, 2005). Músicos solistas têm como referência apenas um metrônomo interno que lhes garante a precisão necessária para executar com precisão uma música, em qualquer que seja seu andamento.

Também é notável que uma das reações mais naturais à música é bater palmas, bater o pé, ou estalar os dedos em sincronia com o pulso da música. Pessoas sem qualquer formação musical podem perceber o pulso de uma música e sincronizar a batida do dedo com grande acurácia (Repp, 2005, 2004).

Essa particular capacidade de sincronização sensório-motora a estruturas temporais externas, como, na música, é um objeto de estudos muito relevante para a compreensão dos mecanismos atencionais, motores e perceptivos do tempo.

Para tanto, um dos protocolos amplamente utilizados é o de *finger tapping*, que consiste na tarefa de coordenação da ação de bater o dedo em sincronia com eventos rítmicos externos. A partir deste protocolo, as primeiras investigações acerca dos mecanismos envolvidos na percepção de tempo e sincronização sensório-motora foram realizadas no final do século XIX e início do século seguinte, com pesquisas realizadas por Stevens (1886), Miyake (1902), e Dunlap (1910) (apud Repp, 2005).

Apesar dos esforços esboçados por estes pesquisadores, os estudos em percepção de tempo e sincronização sensório-motora obtiveram resultados mais substanciais somente a partir das décadas de 1950 e 1970 com as pesquisas desenvolvidas por Paul Fraisse.

Dentre as importantes contribuições de Fraisse (1982), a concepção de *presente psicológico* é particularmente relevante para a compreensão dos mecanismos inerentes a percepção de tempo e precisão dos movimentos na sincronização sensório-motora. Através do estudo do limiar de percepção de tempo e sincronização a estímulos sonoros, seus resultados apontaram que o limite para sincronia a estímulos sonoros é de 100 ms. Também foi demonstrado que, se o intervalo entre dois eventos sonoros for maior do que 1,800 ms, o sistema nervoso parece ter dificuldade em definir uma ordem contínua entre estes eventos. Isso ocorre, pois a previsibilidade dos intervalos torna-se gradativamente mais difícil, o que, portanto, provoca a interpretação de que os eventos não possuem uma relação entre si. Essa definição de presente psicológica possui uma relação direta com a capacidade de sincronização sensório-motora, discutida em maiores detalhes nas próximas sessões deste capítulo.

Outra importante observação de Fraisse (1982) é a de que determinadas atividades, como, caminhar, falar, mastigar, possuem um pulso periódico básico, ou seja, um *tempo espontâneo*.

1.1. Tempo Espontâneo

Fraisse (1982) afirma que atividades motoras que envolvem movimentos rítmicos possuem um pulso periódico básico que reflete uma periodicidade natural, isto é, um *tempo espontâneo*. Para chegar a esta conclusão, foram realizados experimentos que mediram a periodicidade natural de atividades, como, por exemplo, bater espontaneamente as mãos (palmas) ou *finger tapping* (bater espontaneamente os dedos).

Esses estudos indicaram, por exemplo, que houve variação entre o desempenho dos sujeitos, pois foram observados períodos entre 380 e 880 ms (mínima e máxima, respectivamente). Outro resultado relevante desta pesquisa aponta que, apesar das individualidades na realização da tarefa, o valor de 600 ms seria o mais representativo nas tarefas de tempo espontâneo em *finger tapping* (Fraisse, 1982).

Collyer, Broadbent e Church (1994) também investigaram o tempo espontâneo em tarefas de *finger tapping*, e obtiveram resultados que apontaram para uma periodicidade média de 408,6 ms. Seus dados também demonstraram uma variação entre os sujeitos, com períodos de 252 ms a 494 ms (mínimo e máximo, respectivamente). A conclusão proposta por este trabalho foi a de que a variabilidade presente nas tarefas de tempo espontâneo representaria a *assinatura do oscilador* interno.

McAuley et al. (2006) desenvolveram uma pesquisa a fim de entender a faixa de frequência espontânea em indivíduos de diferentes idades. Para isso, foi feito um estudo com pessoas de 4 a 95 anos, cujos resultados apontaram que a média dos tempos espontâneos gradativamente aumenta conforme a idade dos participantes. Crianças de 4 a 5 anos apresentaram média na tarefa de 312 ms (desvio padrão de ± 16 ms), enquanto crianças com faixa etária entre 8 e 10 anos apresentaram desempenho em torno de 521 ms (desvio padrão de ± 61 ms). Por outro lado, pessoas de 18 a 38 anos executaram a tarefa com média de 630 ms (desvio padrão de ± 22 ms), enquanto os participantes com mais de 75 anos tiveram média de 648 ms (desvio padrão de ± 43 ms).

Drake e Ben el Heni (2003) compararam o tempo espontâneo de indivíduos músicos e não-músicos da França e Tunísia, e apontaram que não existe diferença significativa entre o desempenho de músicos e não-músicos na realização desta tarefa. Porém, foi possível constatar que houve diferença importante entre as nacionalidades dos

participantes. A média dos indivíduos franceses foi de 707 ms, enquanto os voluntários da Tunísia tenderam a executar a tarefa com média de 851 ms. A variabilidade na tarefa também apontou aspectos relevantes, pois o desvio padrão dos músicos franceses foi de 187 ms, enquanto não-músicos realizaram o *finger tapping* com variabilidade de 243 ms. Por outro lado, músicos e não-músicos tunisianos apresentaram o mesmo desvio padrão, a saber, 286 ms.

MacDougall e Moore (2005) estudaram a periodicidade dos movimentos durante 10 horas de atividades rotineiras, como, por exemplo, caminhar, subir escadas, andar de bicicleta, limpar o apartamento, fazer compras. Com isso, os pesquisadores buscaram determinar o tempo espontâneo da locomoção humana. Os resultados deste estudo mostraram que a movimentação da cabeça, quadril, tornozelo, pulso, bem como todas as atividades que envolviam movimentos rítmicos, ocorreram em uma frequência de aproximadamente 2 Hz (desvio padrão de 0,13 Hz).

A consistência desta frequência foi demonstrada em estudo recente realizado Bove et al. (2009), que mostrou que o tempo espontâneo de movimentos, como, *finger tapping*, ocorreu em uma faixa predominante de 2,2 Hz (desvio padrão de $\pm 0,10$ Hz). Além disso, este trabalho também destacou que a observação de ações rítmicas, como, por exemplo, assistir a vídeos de outras pessoas executando a tarefa de *finger tapping* espontâneo, influencia a frequência natural do tempo espontâneo, pois os participantes tendem a executar a tarefa na mesma frequência das ações observadas.

A predileção da frequência de 2 Hz no tempo espontâneo dos movimentos parece ter uma relação direta com a música (Fraisse, 1982; MacDougall; Moore, 2005) Isso porque, observa-se que grande parte das obras musicais ocidentais possui andamento na faixa entre 60 e 120 batimentos por minuto (bpm), intervalo que correspondem

respectivamente a 1000 ms e 500 ms, períodos que corroboram os resultados dos estudos em tempo espontâneo dos movimentos (Thompson, 2009).

Portanto, o estudo do tempo espontâneo tem fundamentado duas discussões relevantes para a compreensão dos mecanismos subjacentes à percepção de tempo e à sincronização sensório-motora. O primeiro apontamento faz referência aos relógios internos, enquanto o segundo refere-se à variabilidade observada nas tarefas de tempo espontâneo.

Sendo assim, as próximas sessões deste capítulo estão organizadas de modo a realizar uma breve abordagem acerca de relógios internos, destacando alguns modelos, funcionamento dos mecanismos inerentes ao relógio interno, influência de aspectos psicológicos e fisiológicos na atuação destes mecanismos, e, apresenta também, as estruturas nervosas envolvidas na percepção de tempo e produção de ritmos. Em um segundo momento, serão destacados alguns aspectos inerentes ao sistema motor envolvidos com a variabilidade nas tarefas de sincronização sensório-motora.

1.2. Relógios Internos

Um dos modelos de relógio interno mais aceitos para explicar os processos internos subjacentes à percepção de tempo é o modelo proposto por Treisman (1963). Segundo esse modelo de relógio interno, existem três estágios de processamento da informação temporal: estágio de relógio, estágio de memória e, finalmente, estágio de decisão ou comparação.

Sendo assim, uma primeira estrutura neural atuaria como um *marca-passo*, sendo responsável pelo envio de um fluxo regular de pulsos que traduziria as informações dos estímulos temporais. Essas informações seriam então enviadas a um *acumulador* que

integraria esses pulsos de forma linear, de acordo com a duração do evento. O número de pulsos coletados é então comparado com uma amostra armazenada na *memória*, onde então, um *comparador* atuaria a fim de decidir uma resposta adequada àquele estímulo (cf. Rijn; Taatgen, 2008; Droit-Volet; Meck, 2007).

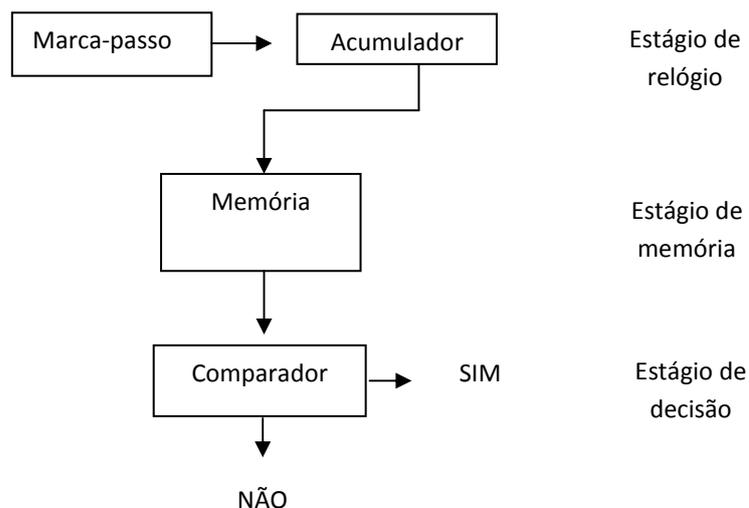


Figura 1. Modelo de relógio interno proposto por Treisman (1963). Adaptado de Droit-Volet; Meck (2007).

Tem sido indicado que o funcionamento deste relógio interno seria influenciado por diversos fatores psicológicos e fisiológicos. Dentre os fatores que modificam a atuação do relógio interno, pode-se citar a temperatura corporal e variações circadianas. Wearden e Penton-Voak (1995) mostraram que a percepção de tempo é significativamente influenciada pela temperatura corporal, pois temperatura elevada acima do normal provoca uma rápida passagem do tempo subjetivo. Kuriyama et al. (2005) também observaram que a produção de tempo exibe uma variação diurna e também está fortemente correlacionada às variações circadianas da temperatura corporal e aos níveis de melatonina. Através de pesquisas como as supracitadas, tem sido sugerido que a percepção de tempo de curta duração em humanos estaria sob a influência de marca-passos circadianos.

Outros estudos também apontam que *stress*, drogas, emoções e depressão modificam a percepção de tempo (Murata et al., 1999; Stetson; Fiesta; Eagleman, 2007; Droit-Volet; Meck, 2007; Gil; Droit-Volet, 2009). Dentre estas pesquisas, Gil e Droit-Volet (2009) demonstraram, por exemplo, que o relógio interno de pacientes com depressão atua de forma alterada, já que a percepção de tempo dos pacientes “corre mais devagar”. Stetson, Fiesta e Eagleman (2007) sugerem que a percepção da passagem do tempo é superestimada em 36 % em situações amedrontadoras e assustadoras, gerando assim, a sensação de que estes eventos seriam mais longos do que realmente são.

A partir da observação de que alguns aspectos fisiológicos e psicológicos influenciam diretamente a percepção de tempo, diferentes teorias têm emergido na tentativa de compreender, por exemplo, o papel da atenção, das emoções, bem como, da temperatura corporal no funcionamento do relógio interno. Sendo assim, Meck e Church (1983) elaboraram um modelo que sugere que a atenção atua como um *interruptor*, que permite ou mesmo impede o fluxo de pulsos do marca-passo para o acumulador. Dessa forma, a atuação da atenção seria baseada na relevância da informação temporal.

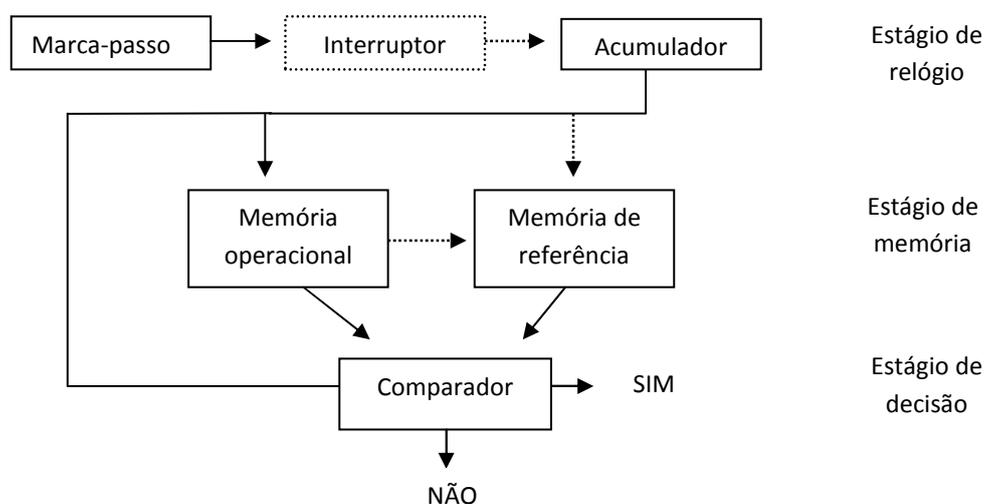


Figura 2. Modelo de Relógio Interno proposto por Meck e Church (1983). Adaptado de Droit-Volet; Meck (2007).

Esse modelo proposto por Treisman, predominante nos trabalhos de percepção de tempo e sincronização sensório-motora, tem sido modificado e também questionado por recentes estudos psicofísicos e de neuroimagem (Jantzen et al., 2007; Mauk; Buonomano, 2004; Lewis et al., 2004). Isso porque, dados empíricos têm apontado que é possível perceber e estimar a duração de diferentes eventos externos apresentados simultaneamente. Esses resultados têm dado suporte à idéia de que o processamento de informações temporais poderia ser mediado por várias estruturas neurais (cf. Rijn; Taatgen, 2008; Jantzen et al., 2007).

Sendo assim, modelos atuais estão tomando como base a existência de múltiplos marca-passos, ou ainda, múltiplos acumuladores. Outras hipóteses sugerem ainda marca-passos ou osciladores dinâmicos (cf. Rijn; Taatgen, 2008; Mauk; Buonomano, 2004). Mauk e Buonomano (2004) propõem ainda que, a percepção de tempo não provém de relógios ou sistemas corticais especialmente dedicados ao processamento de tempo, pois todos os circuitos neurais possuiriam uma capacidade inerente para processar informações temporais a partir de mudanças estado-dependentes na dinâmica das redes neurais.

Tendo como premissa a divergência presente na literatura acerca dos modelos de relógios internos que estariam envolvidos com a percepção de tempo e sincronização sensório-motora, estudos de neuroimagem têm buscado revelar as estruturas neurais relacionadas com a percepção de tempo, o que tem permitido inferir o papel de cada uma das regiões corticais e subcorticais na percepção e produção de ritmos.

1.2.1. Estruturas neurais

Pesquisas mostram que determinadas regiões neurais estão diretamente ligadas ao processamento das informações temporais. Dentre as áreas já mapeadas é possível citar o córtex sensório-motor, área motora suplementar, cerebelo, gânglios da base, tálamo e córtex sensorial (Lewis et al., 2004; Jantzen et al., 2004, 2005, 2007; Mauk; Buonomano, 2004; Repp, 2005).

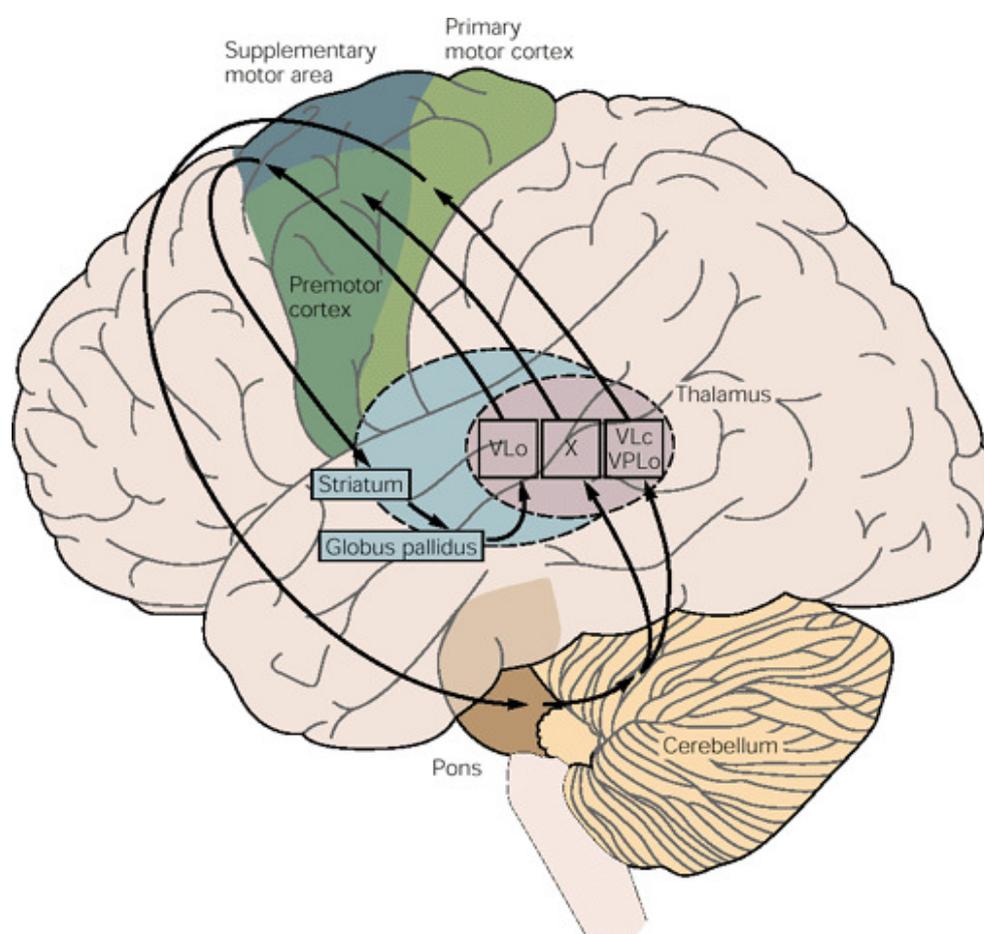


Figura 3. Representação de regiões corticais e subcorticais também envolvidos na percepção de tempo, tais como, área motora suplementar, córtex motor primário, córtex pré-motor, tálamo, núcleos da base e cerebelo. Fonte: Kandel et al., 2003, p. 762.

Nos últimos anos, diversos estudos estão sendo desenvolvidos a fim de compreender a função específica de cada uma destas áreas para a realização de tarefas de *finger tapping*. Lewis et al. (2004) desenvolveram uma pesquisa que procurou identificar as áreas neurais ativadas durante a tarefa de bater o dedo em sincronia com estímulos auditivos através do protocolo de sincronização e continuação. Neste protocolo os participantes são instruídos a sincronizar a batida do dedo com estímulos sonoros, e, em um segundo, continuar a bater o dedo no mesmo ritmo, porém, na ausência das pistas. Com isso, os pesquisadores observaram as regiões ativas em três momentos distintos da tarefa: a iniciação, a sincronização, e por fim, a continuação da produção de ritmos na ausência das pistas externas.

Sendo assim, foi observado que durante a iniciação da tarefa, onde ocorre a preparação para o teste e seleção dos movimentos, são ativadas áreas, como, córtex pré-motor, córtex motor suplementar e pré-suplementar bilaterais, córtex pré-frontal dorsolateral e gânglios da base. Já durante a fase de sincronização aos estímulos sonoros, pôde-se observar que o córtex motor suplementar continua ativo bilateralmente, porém, constatou-se que o córtex pré-motor ventral e dorsal, córtex pré-frontal dorsolateral e o córtex motor primário direito, estão envolvidos na sincronização sensório-motora a estímulos externos. Durante a fase de continuação da tarefa na ausência da apresentação das pistas sonoras não foi observada a ativação de nenhuma área diferente, contudo, houve maior ativação do córtex motor suplementar bilateral e dos gânglios da base.

Com estes resultados, Lewis e colaboradores sugerem que o córtex motor suplementar e o córtex pré-motor estão ligados à seleção dos parâmetros temporais, e, a ação do córtex pré-frontal estaria envolvida com o monitoramento dos erros temporais. A ausência de atividade significativa ligada à continuação da tarefa sugere que não existem

ajustes posteriores dos processos de controle da produção de tempo uma vez que uma determinada sequência de movimentos foi selecionada e iniciada (Lewis et al., 2004, p. 1311).

Thaut, Demartin e Sanes (2008) mostraram que as atividades de sincronização da batida do dedo com estímulos de pouca complexidade provocam a ativação do córtex motor primário (M1), córtex sensorial primário (S1), área motora suplementar, área pré-motora, gânglios da base e cerebelo. Por outro lado, tarefas de sincronização a estímulos polirítmicos exigem uma maior ativação das áreas M1, S1, tálamo, putâmen e cerebelo, além da ativação de outras áreas que não estavam antes envolvidas, como, giro supramarginal, córtex cingulado e giro temporal superior e medial. Assim, foi concluído que quanto maior a complexidade da informação temporal, maior é a ativação do córtex motor suplementar e do cerebelo. Para os pesquisadores, a função do cerebelo para a percepção de tempo e sincronização sensório-motora estaria ligada a uma otimização da integração sensório-motora, enquanto o papel dos gânglios da base seria o de sequenciamento e percepção de aspectos temporais básicos.

Existe um grande debate na literatura a respeito da função do cerebelo na percepção de tempo e coordenação da sincronização sensório-motora. Tem sido sugerido, por exemplo, que a propriedade fundamental do cerebelo é a sua atuação como dispositivo de geração de previsibilidade (*feedforward*) (Ivry et al., 2002; Mauk; Buonomano, 2004). Dados que têm dado suporte a essa hipótese mostram que o cerebelo está ativado durante testes nos quais os participantes apenas ouvem uma sequência rítmica (Zatorre; Chen; Penhune, 2007).

Também é sugerido que o cerebelo possui uma função na correção dos erros temporais. Alguns pesquisadores atribuem essa capacidade ao controle e correção dos erros

online, baseados na retroalimentação (*feedback*) (Zatorre; Chen; Penhune, 2007; Ivry et al., 2002; Mauk; Buonomano, 2004).

Chen, Penhune e Zatorre (2008) propuseram uma pesquisa para estudar a modulação da atividade de determinadas áreas neurais provocada pelo treinamento musical. Seus estudos se basearam na hipótese de que durante tarefas de sincronização sensório-motora a estímulos externos, as regiões motoras estão menos ativadas em músicos. Isso estaria ligado a uma maior eficiência dos circuitos neurais dos músicos devido ao treino extensivo. No entanto, seus resultados mostraram que algumas áreas motoras estão igualmente ativas em músicos e não-músicos, como, o córtex motor suplementar e pré-suplementar, córtex pré-motor dorsal e o lóbulo VI do cerebelo. Também foi observado que houve ativação de áreas distintas em músicos, a saber, o córtex pré-frontal dorsolateral e BA 44/45, o que sugere que estas regiões estariam relacionadas com a organização das informações temporais (Chen; Penhune; Zatorre, 2008; Chen; Zatorre, Penhune, 2006).

A partir de resultados de estudos como os supracitados, tem sido apontado que as regiões neurais ativadas no processamento de informações temporais podem ser influenciadas pela forma como tais informações são disponibilizadas e apresentadas. Isso foi constatado através da observação de que a complexidade dos padrões rítmicos, o protocolo experimental utilizado, bem como, o treinamento dos participantes, pode modificar o processamento de informações temporais, pois gerariam respostas neurais diferentes (Thaut; Demartin; Sanes, 2008; Zatorre; Chen; Penhune, 2007; Lewis et al. 2004; Jantzen et al., 2004; Mauk; Buonomano, 2004; Chen; Penhune; Zatorre, 2008).

Jantzen e colaboradores (2004, 2007) mostraram também que existe uma diferença significativa da ativação de determinadas regiões neurais durante a execução de tarefas de

contratempo. Os estudos revelaram que áreas como: área motora suplementar, área pré-motora esquerda, tálamo, giro frontal inferior bilateral e cerebelo, estão mais ativas durante as tarefas de contratempo do que em tarefas de sincronização às pistas sonoras. Seus resultados também mostram que a grande ativação da área pré-motora suplementar, córtex pré-motor ventrolateral bilateral e lóbulo semilunar inferior do cerebelo, foi mantida mesmo durante a continuação da tarefa sem a apresentação dos estímulos. Para Jantzen et al. (2004, 2007), a ativação de um número maior de áreas durante a realização da tarefa de contratempo reflete o aumento de planejamento e preparação exigida por esta tarefa.

Outro fator que parece influenciar o processamento das informações temporais é a modalidade sensorial das pistas apresentadas. Jantzen et al. (2005) comparou as áreas ativadas durante sincronização com pistas sonoras e luminosas, e observou que durante a sincronização com estímulos luminosos as áreas da via visual dorsal estão ativas. O que mais chama a atenção, é que estas áreas continuaram ativas mesmo quando os estímulos não eram mais apresentados, o que sugere que os circuitos da via dorsal estão envolvidos com o processamento de informações temporais apresentadas na modalidade visual. Já na condição com pistas sonoras, foi possível detectar a ativação do giro temporal superior bilateral durante a tarefa de sincronização. No entanto, esta área não se manteve em atividade durante a continuação da tarefa. O que foi sugerido pelos pesquisadores é que as informações temporais sonoras são extraídas com maior facilidade e, portanto, seriam diretamente integradas no sistema motor.

Dados de diversos estudos psicofísicos também têm corroborado a idéia de que a percepção de tempo é mais fortemente ligada ao sistema auditivo do que ao sistema visual.

1.2.2. A influência da modalidade sensorial dos estímulos

Pesquisas psicofísicas têm sugerido que a modalidade sensorial dos estímulos rítmicos pode modificar a percepção de tempo. Estímulos sonoros frequentemente aparentam ter duração mais longa comparados a estímulos luminosos de mesma duração. Este efeito foi descrito em 1974 por Goldstone e Lhamon (apud Wearden et al., 1998) e, desde então, vem instigando pesquisas mais aprofundadas a fim de entender os mecanismos que subsidiam esta ilusão.

Wearden e colaboradores (1998) realizaram diversos experimentos onde os participantes estimavam e comparavam a duração de estímulos luminosos e sonoros. Seus resultados mostraram que pistas sonoras são julgadas como mais longas e menos variáveis do que estímulos luminosos. Para explicar esse fenômeno os pesquisadores sugeriram que o relógio interno corre mais rápido para estímulos sonoros do que para as pistas visuais. Já a variabilidade da percepção dos estímulos foi atribuída a uma variabilidade na operação do ‘interruptor’ do relógio interno relacionada à modalidade sensorial das pistas.

Diversos estudos têm corroborado a constatação de que a sincronização a estímulos luminosos é mais variável e imprecisa quando comparada às pistas sonoras (Jantzen et al., 2005; Patel et al., 2005; Repp, 2005; Chen; Repp; Patel, 2002).

Pesquisas têm procurado também elucidar os limiares de percepção e de sincronização a estímulos sonoros e luminosos. O limiar de sincronização com pistas sonoras, pelo menos para músicos com extenso treinamento, parece estar entre 100/150 ms a 1,800 ms (Repp, 2005, 2006). Estes valores correspondem ao conceito de presente psicológico definido por Fraisse (1982). Já o limiar de sincronização a pistas luminosas parece ser de 460 ms (Repp, 2005, 2006). Bartlett e Bartlett (1959) sugerem um limiar um

pouco abaixo desse valor, afirmando que o menor intervalo para sincronização com estímulos luminosos estaria entre 300 e 500 ms (apud Repp, 2006).

Para tarefas de contratempo, ou antifase, no qual os participantes são instruídos a bater o dedo entre dois estímulos procurando marcar precisamente o meio, o limiar estaria entre 300 e 350 ms. Esses valores foram obtidos com participantes músicos e fazem referência às tarefas com pistas sonoras (Repp, 2005, 2006). Não foram mencionados valores para esta tarefa com estímulos visuais.

Segundo Repp (2005, 2006) o desempenho em tarefas que apresentam simultaneamente estímulos sonoros e luminosos é semelhante ao desempenho nas tarefas apenas com estímulos sonoros. Nesta situação, a variabilidade e a imprecisão, tipicamente demonstradas nas tarefas de sincronização com pistas luminosas, não estariam mais presentes.

Outra evidência de que a percepção de tempo estaria mais ligada ao sistema auditivo é proveniente de pesquisas que enfocam o efeito da atração sonora na dimensão do tempo. Esse fenômeno é conhecido como *ventriloquismo temporal*, descrito por Aschersleben e colaboradores (Aschersleben; Bertelson, 2003; Bertelson; Aschersleben, 2003). Nestes estudos, as tarefas requerem que os participantes sincronizem a ação de bater o dedo com estímulos isocrônicos sonoros enquanto são apresentados estímulos luminosos distratores de diferentes períodos, ou vice-versa, as pistas são luminosas e os distratores são estímulos sonoros (Repp; Penel, 2004; Kato; Konishi, 2006; Aschersleben; Bertelson, 2003). Os resultados de Repp e Penel (2004) mostraram que os distratores sonoros afetam a sincronização com estímulos visuais de forma mais significativa do que a influência dos distratores luminosos. Dessa forma, os participantes tendem a sincronizar sempre com os padrões rítmicos sonoros.

Kato e Konishi (2006) mostraram ainda que a precisão da sincronização foi influenciada pela irregularidade dos estímulos sonoros distratores, mesmo quando as perturbações não eram conscientemente percebidas. A conclusão deste estudo sugere que o processo de correção de erro é mais dependente das informações do sistema auditivo do que das informações provenientes do sistema visual.

Estudos de neuroimagem têm revelado uma conexão entre áreas auditivas e motoras. Evidências mostraram que o córtex pré-motor dorsal estaria envolvido na interação entre o sistema motor e sistema auditivo durante movimentos sequenciais. Chen, Zatorre e Penhune (2006) detalharam que a interação auditivo-motora pode ser observada na modulação da atividade do giro temporal superior posterior e do córtex pré-motor dorsal. Para os pesquisadores, a área auditiva estaria ligada à codificação dos padrões rítmicos, enquanto o córtex pré-motor seria responsável pela integração entre a informação auditiva e a organização temporal das ações motoras.

Através destes trabalhos foi possível constatar que diversos fatores modificam e influenciam a atuação dos mecanismos neurais envolvidos com a percepção e produção de ritmos. Diversas áreas corticais e subcorticais estão diretamente envolvidas com a percepção de tempo, cujo funcionamento pode ser alterado pela complexidade dos estímulos, protocolo de pesquisa, treinamento dos participantes, e ainda, pela modalidade sensorial das pistas temporais.

Além de todos os aspectos que estão direta ou indiretamente relacionados ao funcionamento do relógio interno, a variabilidade presente nas tarefas de sincronização sensório-motora também está envolvida a aspectos inerentes ao sistema motor.

1.3. Aspectos motores da variabilidade

1.3.1. Assincronia negativa

A assincronia negativa é um fenômeno amplamente descrito e observado nas pesquisas acerca da sincronização sensório-motora, cujos mecanismos apresentam uma importante relação com a percepção de tempo. Segundo descrito por diversos estudos, a assincronia negativa é uma tendência da ação de bater o dedo anteceder os estímulos externos em uma faixa que pode variar de 20 a 60 ms (Miyake, 1902 apud Repp, 2005; Pollok; Gross; Schnitzler, 2006; Stenneken et al., 2006; Repp, 2005; Aschersleben; Gehrke; Prinz, 2001).

A assincronia negativa, comumente observado em pesquisas que utilizaram o protocolo de *finger tapping*, apresenta algumas características relevantes. Chama a atenção o fato de que esse fenômeno não é percebido conscientemente pelos participantes. Ao serem perguntados a respeito de seu desempenho no teste, os sujeitos geralmente relatam a sensação de estarem sincronizando exatamente com as pistas, porém, os resultados revelam que houve uma consistente assincronia entre a percepção das pistas e a ação em resposta a elas (Pollok; Gross; Schnitzler, 2006; Stenneken et al., 2006; Repp, 2005; Aschersleben; Gehrke; Prinz, 2001).

Outro aspecto relevante é que a assincronia negativa foi observada, em sua grande maioria, apenas em participantes sem qualquer formação musical, já que autores, como, Repp (2005), destacam que a assincronia negativa é pequena ou mesmo ausente em contextos musicais. Repp (2005, 2006) demonstrou que músicos são geralmente muito precisos na realização das tarefas de *finger tapping*, pois apresentam desvio padrão em

torno de 2 %, e percussionistas têm desvio padrão em média de apenas 0.5 %. Por outro lado, pessoas sem treinamento musical apresentam um desvio padrão de 4 % nas tarefas de sincronização sensório-motora.

Também tem sido destacado que o efeito da assincronia negativa parece ser reduzido ou até eliminado em algumas situações, tais como: na presença de *feedback* da mesma modalidade sensorial das pistas; em tarefas que exigem sincronização a ritmos complexos ou que requerem subdivisão; bem como, com treinamento. (Repp, 2005; Stenneken et al., 2006; Pollok; Gross; Schnitzler, 2006; Müller et al., 2008). Também foi demonstrado que a assincronia negativa é um fenômeno sensível a manipulações no *feedback* auditivo (Pfordresher, 2006; Repp, 2005).

Outra observação importante é a de que a assincronia negativa é menor em sequências rítmicas nas quais os estímulos apresentam períodos longos. Sendo assim, quanto maior o intervalo entre os eventos, maior o valor da assincronia negativa (Repp, 2005).

Por outro lado, a assincronia negativa parece aumentar significativamente com a redução do *feedback* somatossensorial. Esse aspecto foi observado em pesquisas que utilizaram a anestesia da ponta dos dedos durante os testes (Aschersleben; Gehrke; Prinz, 2001), assim como, em estudos com pacientes com deaferentação somatossensorial provocado por neuropatias (Stenneken et al., 2006).

Diversas hipóteses têm surgido na tentativa de explicar os mecanismos envolvidos na assincronia negativa. Dentre elas, Paillard e Fraise sugerem que a assincronia negativa é proveniente da diferença de velocidade de transmissão da informação somatossensorial proveniente da ponta dos dedos, em comparação à informação auditiva. Segundo essa hipótese, a ação de bater o dedo deveria preceder as pistas sonoras para resultar em uma

coincidência temporal em nível central, o que sugeriria que a assincronia negativa teria origem em nível periférico (cf. Repp, 2005; Aschersleben; Gehrke; Prinz, 2001).

Outra teoria, proposta por Aschersleben e colaboradores, sugere que a densidade do sinal aferente que chega ao nível central de representação da informação, seria um fator que influenciaria o tamanho do erro antecipatório (Aschersleben; Gehrke; Prinz, 2001). Esse modelo permite sugerir, por exemplo, que as diferenças individuais observadas nos estudos psicofísicos, como no caso dos músicos, poderiam ser atribuídas a uma diferença de importância ou peso que cada pessoa daria a determinadas informações sensoriais. Assim, a atenção teria papel importante, pois atuaria diretamente nos mecanismos de representação das informações temporais, como também, na precisão da sincronização sensório-motora (cf. Repp, 2005).

Não existe consenso na literatura quanto ao fenômeno de assincronia negativa comparando pistas sonoras com pistas luminosas. Repp (2005) destaca que alguns experimentos têm mostrado que a assincronia negativa é menor em tarefas com estímulos visuais do que com estímulos sonoros. Porém, outros experimentos, também citados por Repp (2005, 2006), mostraram exatamente o contrário, o que reforça a necessidade de maior investigação.

Sugere-se que a assincronia negativa e a variabilidade observada nas tarefas de sincronização sensório-motora seriam fenômenos inerentes a mecanismos comuns. Isso se dá, pois tanto a assincronia negativa quanto a variabilidade nas tarefas possuem relação direta com o período dos estímulos apresentados, já que quanto maior o intervalo entre as pistas, maior é a variabilidade e a assincronia negativa na tarefa.

Uma explicação proposta por Wing e Kristofferson (1973) para esta relação entre os períodos dos estímulos e a variabilidade na tarefa, leva em consideração dois aspectos.

Segundo os pesquisadores, a variabilidade seria consequência tanto de um componente central, portanto, inerente aos mecanismos do relógio interno, bem como, de componentes periféricos, presentes na variância do próprio sistema motor (apud Repp, 2005).

A partir deste modelo proposto por Wing e Kristofferson (1973), uma segunda teoria foi apresentada por Mates (1994), que sugere que o relógio interno e o sistema motor, em seus componentes mais periféricos, apresentam distintas formas de correção de erro, denominadas correção de período e correção de fase, respectivamente.

1.3.2. Correção de Período e Correção de Fase

Segundo o modelo de correção de erro proposto por Mates (1994), a variabilidade e assincronia negativa estariam relacionadas a dois fatores de correção. O primeiro fator estaria ligado a aspectos centrais, enquanto um segundo, seria inerente a mecanismos periféricos.

Neste sentido, a correção de fase seria baseada na percepção de assincronias decorrentes da busca pela sincronização sensório-motora, portanto, da relação entre os mecanismos de ação e percepção dos estímulos. Por outro lado, a correção de período seria um mecanismo central, fundamentado na percepção de discrepâncias entre o período do relógio interno (*internal timekeeper*) e a duração dos intervalos da sequência (cf. Repp, 2005).

Este modelo de correção de erro proposto por Mates tem sido extensamente investigado em pesquisas psicofísicas. Para tanto, um protocolo amplamente aplicado prevê perturbações globais ou locais na sequência de estímulos. Um dado importante revelado através destas investigações é que, perturbações de apenas 2%, isto é, tão

pequenas que sequer são percebidas conscientemente pelos sujeitos, já provocam um rápido ajuste e correção da sincronização (Tecchio et al., 2000; Madison; Merker, 2004; Thaut; Tian; Azimi-Sadjadi, 1998; Thaut; Miller; Schauer, 1998; Repp, 2004; Repp, 2001; Repp; Keller, 2004).

Duas linhas completamente opostas têm procurado explicar os fenômenos de correção de fase e correção de período. Uma das correntes, conduzida por Thaut e colaboradores, sugere que os ajustes provocados pelas perturbações das pistas estariam ligados a uma adaptação de período, enquanto a adaptação de fase seria um mecanismo lento e dependente de atenção e alerta dos erros de fase. Portanto, segundo Thaut, a adaptação ou correção de período seria um processo rápido e inconsciente inerente a mecanismos periféricos, enquanto a adaptação de fase seria um processo central (Thaut; Tian; Azimi-Sadjadi, 1998; Thaut; Miller; Schauer, 1998).

Repp e colegas, por sua vez, propõem que a rápida adaptação às perturbações não detectadas conscientemente estaria ligada a uma correção de fase, enquanto a adaptação lenta é decorrente de uma correção de período (Repp, 2001; Repp; Keller, 2004). Segundo o pesquisador, a correção de fase é um processo automático, que não depende de atenção nem de alerta, e que não está limitado ao limiar de detecção de perturbações e assincronias. A correção de fase seria, portanto, um processo de controle periférico que depende da comparação entre a batida do dedo e a apresentação dos estímulos sendo assim, inoperante na ausência de referências externas. Já a correção de período, seria um processo central que dependeria do ajuste do período de um relógio interno, sendo dependente de atenção, alerta e intenção (Repp, 2001; Repp; Keller, 2004).

A razão para tamanha divergência entre as discussões apresentadas por Thaut e Repp está no modelo teórico abordado pelos pesquisadores. Repp e colaboradores

discutem seus resultados baseados no modelo de correção de erro proposto por Mates (1994), que leva em consideração aspectos centrais (relógio interno), bem como, fatores periféricos, para explicar a variabilidade nas tarefas de sincronização sensório-motora. Thaut e colegas, por sua vez, propõem um modelo que não leva em consideração a existência de um relógio interno ou oscilador, mas discutem seus resultados a luz da Teoria de Sistemas Dinâmicos (Repp, 2004, p. 65).

Pesquisas em neuroimagem têm revelado que correção de fase e correção de período são processados em regiões neurais distintas. A correção de fase parece estar relacionada com a atividade do cerebelo e gânglios da base, enquanto, a correção de período seria processada em áreas mais centrais, como, córtex motor e córtex pré-frontal (Repp, 2005).

Sugere-se também que a correção de fase e a correção de período seriam processadas em vias paralelas do sistema auditivo, análogas as vias paralelas do sistema visual (Repp, 2005; Zatorre; Chen; Penhune, 2007). Isso se dá, pois tem sido demonstrado que existe um via ventral que se projeta do córtex auditivo, cuja função seria processar informações ligadas a tempo. Por outro lado, uma via dorsal seria relevante para o processamento de informações espaciais, sendo também responsável pela integração das informações auditivas com o sistema motor. Partindo dessa concepção, Kubovy e Van Valkenburg (2001) sugerem que a correção de fase estaria ligada à função da via dorsal, enquanto a correção de período seria inerente à via ventral (apud Zatorre; Chen; Penhune, 2007).

A partir da observação de que determinados aspectos motores diretamente ligados a variabilidade presente nas tarefas de sincronização sensório-motora e percepção de tempo estão sujeitos a modulação da atenção, intenção e alerta, como, na correção de período,

suscita-se o interesse de maior investigação para compreender o papel da atenção na percepção e produção de ritmos.

1.4. Mecanismos atencionais

A atenção é um dos processos psicológicos mais importantes na regulação da experiência temporal. Diferentes níveis atencionais podem provocar experiências temporais radicalmente diferentes.

Alocar menos atenção para eventos temporais provoca a percepção de que “o tempo voa”, pois períodos longos de tempo parecem mais curtos. Isso ocorre porque há uma redução na computação da duração dos eventos temporais.

Por outro lado, prestar atenção à passagem do tempo provoca a percepção de que o tempo passa significativamente mais devagar. Ou seja, períodos curtos de tempo parecem mais longos do que realmente são (Brown, Boltz, 2002; Pouthas e Perbal, 2004).

A partir de estudos acerca dos mecanismos atencionais envolvidos na percepção de tempo e sincronização sensório-motora a estímulos rítmicos externos, alguns modelos têm sido sugeridos a fim de explicar o papel da atenção no processamento destas informações. Dentre os modelos apresentados, pode-se citar a Teoria da Atenção Dinâmica desenvolvida por Jones e colaboradores (*The Dynamic Attending Theory* – Jones, 1976, 1987, 1990; Jones & Boltz, 1989 apud Drake; Jones; Baruch, 2000).

Segundo a Teoria da Atenção Dinâmica, o sistema nervoso seria dotado de um oscilador que teria uma faixa de funcionamento natural, que poderia ser identificada através de tarefas, como, *finger tapping* espontâneo. O modelo propõe que esse estágio basal de funcionamento do relógio interno seria um *período de referência* para o

processamento das informações temporais externas, passível de modulação pela atenção (Drake; Jones; Baruch, 2000).

Um segundo estágio do modelo de Jones aponta que, na presença de estímulos rítmicos externos, o oscilador interno ajustaria o seu funcionamento em relação à frequência mais ‘saliente’ dos eventos temporais presentes no ambiente. São esses pulsos mais fortemente percebidos que gerariam expectativas responsáveis pelo direcionamento da atenção, que antes era voltada somente à frequência natural do oscilador interno. A mudança do foco atencional da frequência interna natural do oscilador para a frequência induzida pelo estímulo externo seria mediada por um processo de sintonização (*attunement*) – processo que envolveria uma sincronização do oscilador interno ao período dos estímulos atendidos.

Jones também afirma que a habilidade de responder a níveis temporais hierarquicamente diferentes dependeria da atividade de múltiplos osciladores que formariam um *esquema de expectativas*. Essa organização seria o mecanismo que permitiria a alocação atencional para níveis rítmicos diferentes (Drake; Jones; Baruch, 2000). Portanto, o modelo proposto por Jones e colegas sugere a existência de múltiplos osciladores internos, responsáveis pelo processamento das informações temporais através do acúmulo de pulsos.

Outro modelo que incorpora os mecanismos atencionais ao processamento de tempo foi proposto por Block e Zakay (1998). Esse modelo sugere que há um portão atencional, no qual os pulsos emitidos pelo marca-passo são canalizados através de um portão atencional para o acumulador, que seria então responsável pela integração e acúmulo dos pulsos. Num momento seguinte, os pulsos seriam transferidos para os sistemas de memória e de tomada de decisão (cf. Drake; Jones; Baruch, 2000). Sendo

assim, o que fundamenta esse modelo é que a atenção abriria o portão e controlaria o tamanho da abertura desse mecanismo para a passagem dos pulsos. Tarefas não-temporais deslocariam a atenção do tempo, fazendo com que este portão se estreite ou se feche completamente de forma descontínua. Assim, um número menor de pulsos passaria através do portão atencional, provocando um encurtamento da percepção da duração do tempo.

Portanto, segundo estes modelos, a atenção atuaria diretamente no funcionamento dos relógios internos, modulando a percepção da passagem de tempo. Pesquisas em neuroimagem também têm contribuído substancialmente para a compreensão dos mecanismos atencionais envolvidos na percepção e produção de ritmos. Sugere-se, por exemplo, que quanto maior a alocação de recursos atencionais para eventos temporais, maior é a ativação da área motora pré-suplementar (Coull et al., 2004; Macar; Coull, Vidal, 2006).

Gross et al. (2006) mostraram também que o processo atencional em tarefas de percepção de tempo é acompanhado por um aumento da sincronização da atividade em redes neurais específicas. Assim, concluiu-se que a atenção representaria um importante meio de regulação do processamento de informações temporais, já que eventos relevantes provocam uma maior sincronização dos circuitos neurais.

1.5. Hipótese de Pesquisa

Segundo a literatura supracitada, a variabilidade presente na produção de ritmos e na percepção de tempo, seria explicada por duas teorias.

A primeira afirma que a variabilidade observada em atividades de geração espontânea de ritmos e de sincronização sensório-motora a estímulos periódicos externos e

na percepção de tempo estaria ligada a mecanismos do relógio interno, ou seja, às estruturas neurais responsáveis por gerar uma referência temporal, importante no processamento das informações temporais e no controle da sincronização sensório-motora (cf. Rijn; Taatgen, 2008; Mauk; Buonomano, 2004; Droit-Volet; Meck, 2007).

A segunda teoria afirma que mecanismos de controle motor também contribuem à variação (Tecchio et al., 2000; Madison; Merker, 2004; Thaut; Tian; Azimi-Sadjadi, 1998; Thaut; Miller; Schauer, 1998; Repp, 2004; Repp, 2001; Repp; Keller, 2004).

No presente trabalho propõe-se que a variabilidade presente nas tarefas de percepção e produção de ritmos (tanto espontâneos quanto em sincronia a pistas externas) também sofre influência de um terceiro fator, qual seja, a atenção. Portanto, sugere-se a hipótese de que as diferenças nos intervalos temporais entre batidas sucessivas surgem de cada um dos componentes dos mecanismos envolvidos em gerar *finger tapping*, a saber:

1. Relógios internos, ou seja, estruturas nervosas que geram um padrão temporal que não é perfeito;
2. Controle motor, portanto, do controle da contração de músculos, que apresentam limites de precisão temporal;
3. Processos superiores de tratamento das informações, fundamentalmente, a focalização da atenção no tempo e as variações inevitáveis dos níveis atencionais ao longo da tarefa.

Sendo assim, a presente pesquisa propõe um estudo dos mecanismos de produção de ritmos e percepção de tempo, principalmente a fim de estabelecer limites superiores à capacidade de focar a atenção no tempo. Para tanto, o presente trabalho procura estudar os mecanismos que limitam a precisão em tarefas de bater o dedo (*finger tapping*), a partir da análise da variabilidade observada em tarefas de tempo espontâneo, sincronização

sensório-motora a pistas externas, e ainda, na manutenção da ritmicidade definida por pistas externas, depois destas serem removidas.

Seria interessante, portanto, estimar separadamente os erros introduzidos pelos relógios internos, sistema motor e atenção. A separação das contribuições desses diferentes mecanismos depende da possibilidade de medir mudanças no desempenho em diferentes tarefas que apresentem desafios que excluam um ou mais dos mecanismos que contribuem na introdução de erros. Dessa forma seria possível avaliar a contribuição de cada mecanismo separadamente.

Por exemplo, seria de se esperar que a variabilidade dos intervalos entre batidas de dedo seja maior em uma fase experimental na qual o participante tivesse que continuar batendo o dedo na frequência previamente definida por um metrônomo, depois que as referências temporais não fossem mais apresentadas. Sendo assim, como a referência temporal marcada pelo metrônomo é perfeita, espera-se que, na ausência de apresentação das pistas haja uma maior imprecisão, pois, a referência temporal agora é dada por um relógio interno. Portanto, uma maior variabilidade na fase de continuação da tarefa sem as pistas externas revelaria a contribuição dos relógios internos.

Tem sido apontado por diversas pesquisas que o tempo está mais fortemente ligado ao sistema auditivo, e, portanto, pistas sonoras, do que à visão. Isso se reflete, por exemplo, na maior imprecisão e variabilidade na sincronização sensório-motora a estímulos luminosos (Jantzen et al., 2005; Patel et al., 2005; Repp, 2005; Chen; Repp; Patel, 2002). Sendo assim, seria de se esperar que a sincronização do bater do dedo às pistas sonoras seja mais fácil, e, portanto, mais precisa do que às pistas luminosas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Estudar mecanismos que limitam a precisão em tarefas de bater o dedo com a maior regularidade possível.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar a faixa de frequências espontaneamente escolhidas na produção de um ritmo espontâneo da forma mais regular e constante possível, na ausência de estímulos externos;
- Identificar a precisão no manter um ritmo espontâneo constante;
- Medir a precisão na sincronização sensório-motora em tarefas de sincronia da batida do dedo a estímulos periódicos externos visuais e auditivos;
- Medir a precisão no manter um ritmo constante em tarefas de manutenção da ritmicidade definida por pistas externas, mesmo na ausência de apresentação destes estímulos;

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Situação ou Contexto

A presente pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Fisiologia do Comportamento, Departamento de Fisiologia e Biofísica do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo.

3.2. Participantes

Participaram desta pesquisa 11 sujeitos voluntários (seis mulheres e cinco homens), com idade entre 18 e 30 anos (média de $23 \pm 3,41$ anos), destros, com visão normal ou corrigida, audição normal, saudáveis, e sem estudo formal de música.

A participação nesta pesquisa foi realizada mediante o conhecimento prévio da temática e etapas do estudo por cada voluntário, bem como, da assinatura do Termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo A). Os procedimentos realizados na pesquisa obedeceram às recomendações éticas da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP, resolução nº 196), e foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo (Anexo B).

Os sujeitos experimentais foram estudantes dos cursos de graduação e pós-graduação da Universidade de São Paulo. Após a explanação da temática de pesquisa e etapas experimentais adotadas, os interessados em participar como voluntários se inscreveram em uma lista e foram contatados posteriormente para a participação dos testes psicofísicos.

Foram excluídos da amostra indivíduos com dominância manual esquerda, ambidestros, tabagistas e/ou etilistas, indivíduos com alguma patologia sistêmica, oftalmológica e/ou auditiva, uso crônico de medicamentos ou sob medicação controlada, considerando os relatos durante a anamnese.

Outro fator de exclusão importante para este estudo foi o estudo formal de música. Indivíduos músicos ou com instrução musical formal, considerando aulas de música em conservatório, particulares, universidade, ou escola, foram excluídos dos testes. Este critério de exclusão foi adotado, pois, o objetivo desta pesquisa era obter uma amostra que pudesse refletir a população de forma geral. Além disso, foi possível constatar que alguns trabalhos levantados não realizaram esta distinção (por exemplo, Madison; Merker, 2004; Chen; Repp; Patel, 2002; Patel et al. 2005), apesar de estudos relevantes já apontarem que músicos treinados podem realizar tarefas de sincronização com estímulos de duração 1:1 com uma precisão significativamente maior do que não-músicos (Repp, 2005).

3.3. Sala de Experimentos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fisiologia do Comportamento, sala 127, do prédio I do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo. A sala de experimentação é composta por uma cabine de testes com isolamento visual e atenuação acústica aos estímulos ambientais, o que favoreceu a padronização das condições experimentais e a concentração dos participantes durante a realização dos experimentos.

Os voluntários eram posicionados à frente dos equipamentos de coleta de dados a 57 cm da tela do computador na linha média da altura da tela. Esta distância foi garantida

através de um apoio para fixação do queixo e testa dos participantes, bem como, uma cadeira que permitia a regulagem da altura, o que assegurava o posicionamento da cabeça no apoio em uma postura confortável (Figura 5).



Figura 5. Materiais e equipamentos da sala de experimentos.

3.4. Equipamentos

Dentre os equipamentos utilizados para a realização desta pesquisa estão um microcomputador Athlon XP 2400/512, com sistema operacional Windows 2000, placa de som Encore Crystal SoundFusion CS4281, com um monitor de vídeo de 19" Samsung modelo Syncmaster 997 DF suprido por uma placa de vídeo 10 bits Matrox Millennium P-650, com taxa de renovação de tela de 100 Hz e resolução de 800 x 600. Também foram utilizadas para apresentação dos estímulos sonoros dois alto falantes T.O.P. – S.P. 80 localizados à frente do participante a uma distância de 57 centímetros.

A aquisição das respostas foi feita através de um *joystick* Leadership – Computer Accessors, conectado ao computador pela porta *gameport* com resolução e precisão da ordem de um milissegundo (Figura 6).



Figura 6. Equipamentos utilizados na pesquisa.

Os experimentos foram desenvolvidos no programa de computador *E-Prime* (*E-Prime v. 1.1.4 – Psychology Software Tools Inc.*) (Schneider et al., 2002). Este programa foi utilizado para a apresentação dos estímulos, bem como, para a coleta das respostas dos participantes.

3.5. Estímulos

3.5.1. Estímulos Sonoros

Os estímulos sonoros utilizados possuíam como característica a composição em ondas quadradas de frequência igual a 1000 Hz, duração de 20 ms e períodos de 200 ms, 400 ms, e 800 ms variados em três blocos experimentais distintos. Optou-se pelo uso de

estímulos de ondas quadradas em função da rápida transição em intervalos de tempos precisos.

A frequência de 1000 Hz foi utilizada por ser uma faixa de frequência amplamente utilizada em experimentos que apresentam estímulos sonoros (por exemplo, Jantzen et al., 2004, 2005). Esta frequência sonora também compõe a região intermediária de sensibilidade espectral, comum tanto à fala quanto à música, sendo, portanto, seguramente detectada para a realização dos experimentos (Handel, 1993).

Os estímulos sonoros foram gerados no programa de computador *Sound Forge 8.0* e reproduzidos pelo programa *E-Prime* através de dois alto falantes, localizados ao lado da tela do computador, dispostos a 57 centímetros dos participantes.

3.5.2. Estímulos Luminosos

Os estímulos luminosos utilizados nesta pesquisa foram pontos vermelhos, em oposição a um fundo de tela preto, apresentados ao centro da tela do monitor a 57 cm do participante, correspondendo a 1,78° de ângulo visual. Os estímulos apresentavam diâmetro de 1,78 cm, 25 cd/m² de luminância e duração de 20 ms. Todos os participantes utilizaram visão binocular e foram orientados a manter o olhar na tela ao longo de todos os experimentos.

Optou-se pela utilização de estímulos de onda quadrada com duração de 20 milissegundos na tentativa de reproduzir um *click* que representasse de maneira satisfatória um relógio ou metrônomo, assim como, pudesse ser detectado sem dificuldade pelos participantes. Foi possível observar pela literatura consultada, que os valores de duração dos estímulos utilizados em pesquisas anteriores são muito variáveis. Em uma série de

estudos desenvolvidos pela pesquisadora Gisa Aschersleben foram usados estímulos sonoros e luminosos de 10 ms e 15 ms (Pollok; Ashcersleben, 2004; Aschersleben; Bertelson, 2003), enquanto Thaut, Tian e Azimi-Sadjadi (1998) optaram por estímulos de 30 ms.

O intervalo entre os estímulos (IOI: *inter onset interval*), tanto sonoros quanto luminosos, foi variado em três blocos experimentais. Cada bloco experimental era composto por eventos isocrônicos com períodos 200 ms, 400 ms, ou 800 ms.

Para tanto, as pistas com períodos de 200 ms eram compostos pela soma dos 20 ms de duração dos estímulos ao intervalo de 180 ms. Da mesma forma, os intervalos isocrônicos de 400 ms eram compostos por 20 ms de duração das pistas somados a um intervalo de 380 ms, enquanto os estímulos com período de 800 ms eram formados pela soma dos 20 ms de duração dos eventos a 780 ms de intervalo. Optou-se por estímulos com períodos de 200 ms, 400 ms e 800 ms em função de sua relação direta com a periodicidade básica das atividades motoras descrita por Paul Fraisse (1982), cujo valor representativo seria 600 ms. Sendo assim, estes valores possuem uma relação de um fator de $\sqrt{2}$, para mais ou para menos, do tempo espontâneo.

Os blocos experimentais foram programados para serem apresentados de maneira balanceada, a fim de evitar possíveis alterações na confiabilidade dos dados devido a um possível treino durante a realização das tarefas.

Foram realizadas verificações para garantir que os estímulos sonoros e luminosos estavam sendo gerados e apresentados com os intervalos acima descritos. Para tanto, foram utilizados programas, como, Sound Forge 8.0, Sony Vegas, Matlab 7.4 e um osciloscópio Tektronix 2214 Digital Storage Oscilloscope que realizam a análise da duração, bem como, do intervalo entre os estímulos em cada bloco experimental.

3.6. Procedimentos Experimentais

Os procedimentos experimentais foram realizados em duas sessões distintas, sendo uma primeira sessão de familiarização e outra para coleta dos dados propriamente dita. Cada sessão foi composta por três experimentos, cada um com três blocos distintos, baseados na tarefa de *finger tapping* e no protocolo de continuação - *continuation paradigm* (Wing; Kristofferson, 1973 apud Repp, 2005).

3.6.1. Sessão de Familiarização

Esta sessão foi realizada com o intuito de familiarizar os participantes aos estímulos e as tarefas a serem executadas. Primeiramente, os participantes eram instruídos quanto às tarefas que desempenhariam, e em seguida, liam e assinavam o termo de consentimento livre e esclarecido. Caso nenhuma dúvida se apresentasse, fazia-se então a anamnese.

Em seguida, os participantes eram encaminhados à cabine de testes, na qual se acomodavam confortavelmente (Figura 7). Todos os voluntários realizaram cada um dos experimentos apenas uma vez. Os resultados desta sessão não foram analisados neste trabalho.



Figura 7. Participante na posição em situação experimental.

3.6.2. Sessão de Coleta

A sessão de coleta de dados foi realizada até três semanas após a sessão de familiarização. Nesta etapa, os voluntários executaram os experimentos na mesma ordem da sessão de familiarização.

Os experimentos foram aplicados em sequência, com descanso de aproximadamente um minuto entre cada um dos testes. Nesta sessão não houve qualquer tipo de instrução verbal aos participantes.

3.7. Protocolo Experimental

Esta pesquisa propôs a realização de três experimentos. O experimento 1 contou com a realização da tarefa de tempo espontâneo. Em todas as sessões experimentais, este foi o primeiro experimento executado por todos participantes. Isso foi realizado para que não houvesse qualquer tipo de influência das tarefas e estímulos dos demais experimentos do protocolo.

Os experimentos 2 e 3 foram organizados de forma balanceada, com o intuito de evitar que as respostas de algum experimento pudessem sofrer interferência de treinamento. Com isso, metade da amostra executou primeiramente o experimento 1 e em seguida os experimentos 2 e 3, enquanto, os demais realizaram os experimentos na seguinte ordem: experimento 1, 3 e 2.

A organização dos experimentos 2 e 3 é semelhante, como detalhada nas sessões seguintes, diferindo apenas quanto ao tipo de estímulos apresentados. Sendo assim, o experimento 2 caracteriza-se pela apresentação de pistas luminosas, enquanto no experimento 3 foram apresentados estímulos externos sonoros.

A aquisição dos dados foi realizada através de um *joystick*. Os participantes tiveram a liberdade de escolher a forma mais confortável de execução das tarefas, seja apertando o botão A com o dedão, seja utilizando o dedo indicador da mão direita. Devido à forma anatômica do *gamepad* (Figura 6 e 7), todos os sujeitos optaram por responder às tarefas com o dedão da mão direita.

3.7.1. Experimento 1

O experimento 1 consistia no teste de *Tempo Espontâneo*, no qual a tarefa dos participantes era bater o dedo repetidamente da forma mais regular possível durante um minuto. Os objetivos gerais deste experimento foram determinar qual a frequência mais natural escolhida pelos participantes para a realização da tarefa e verificar a precisão com a qual os participantes executaram este teste.

Iniciado o experimento, uma tela de introdução ao experimento era apresentada durante dez segundos. Durante este tempo, os participantes tinham a oportunidade de se concentrarem para a realização da tarefa. Em seguida, uma tela de instruções era apresentada, sendo que, o participante poderia ler as recomendações com o tempo que achasse necessário. A coleta de dados era iniciada quando o sujeito apertava o botão A do *joystick*, autorizando o início da realização da tarefa. Durante a aquisição das respostas, a tela do monitor permanecia em branco.

Depois de transcorridos um minuto, uma tela de agradecimentos permanecia na tela por dez segundos, quando então, o experimento era encerrado. A seguir, destaca-se a representação esquemática do experimento 1 (Figura 8).

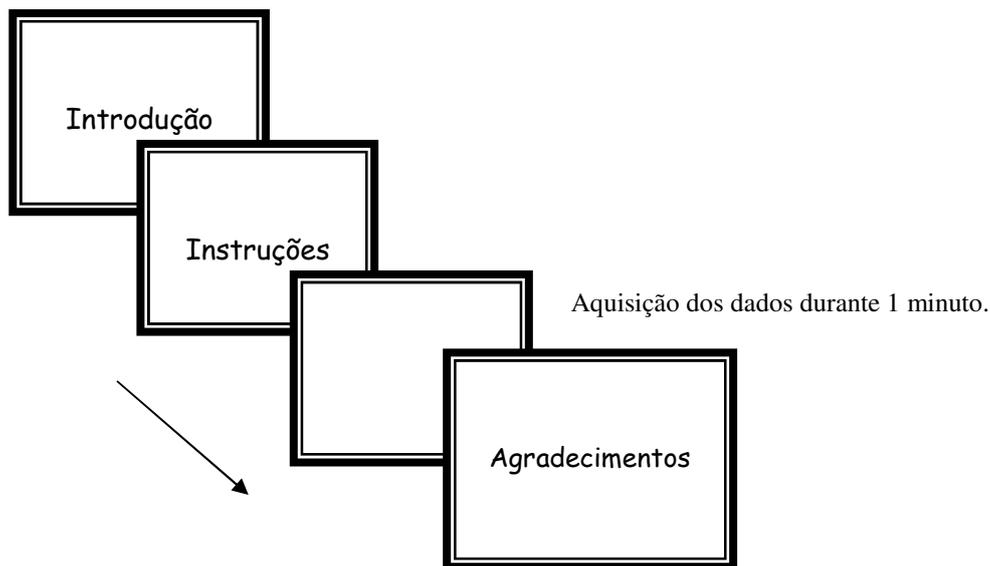


Figura 8. Diagrama do Experimento 1.

3.7.2. Experimento 2

O experimento 2 consistia na sincronização sensório-motora a pistas luminosas isocrônicas, com períodos de 200 ms, 400 ms e 800 ms, organizados em três blocos distintos. A tarefa dos participantes neste experimento era a de sincronizar a batida do dedo, da forma mais regular e precisa possível, aos estímulos luminosos.

Primeiramente, duas telas com instruções foram apresentadas, nas quais os participantes tinham o tempo que achassem necessário para ler, se concentrar, e então, autorizar o início do teste através de um *click* no botão *A* do *joystick*.

Em seguida, os estímulos eram apresentados três vezes em oposição a um fundo de tela branca (Fraisse, 1982). Durante estas três apresentações dos estímulos, os participantes deveriam se familiarizar com os períodos das pistas aos quais deveriam sincronizar, já que

estes eram variáveis em cada bloco experimental. Isso foi realizado para que os participantes pudessem ter maior precisão na realização das tarefas.

Após a apresentação dos três estímulos para familiarização, os participantes deveriam sincronizar a ação de apertar o botão A do *joystick* com a apresentação dos estímulos luminosos. O fundo da tela do monitor se tornava preta, e os estímulos eram apresentados durante 30 segundos. Após 30 segundos de apresentação/sincronização, os estímulos eram retirados, e os participantes foram instruídos a continuar a responder na mesma ritmicidade das pistas luminosas previamente apresentadas, por mais 30 segundos. Ao final de um minuto de coleta de dados, o bloco experimental se encerrava com a apresentação de uma tela de descanso com a frase “Muito bem”, que durava 10 segundos para descanso do participante.

Em seguida, um novo bloco experimental tinha início, mantendo a mesma organização experimental, porém, com apresentação de pistas de períodos distintos (Figura 9).

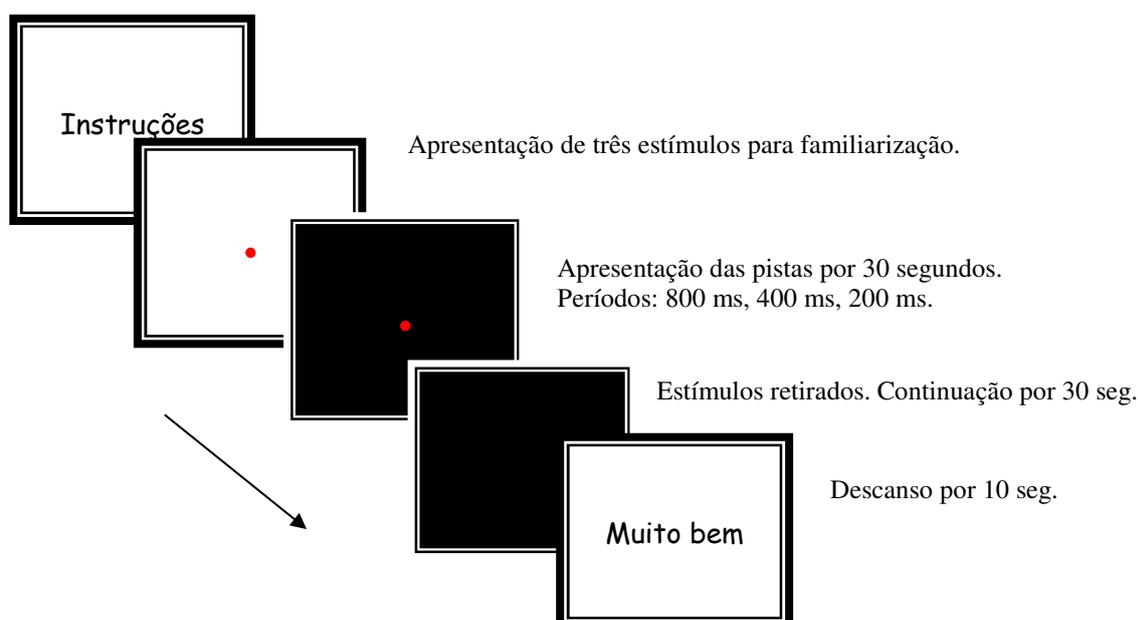


Figura 9. Diagrama com a representação esquemática da apresentação dos estímulos luminosos em cada bloco do experimento 2.

3.7.3. Experimento 3

Este experimento refere-se ao teste de sincronização sensório-motora a estímulos sonoros. A tarefa dos participantes neste teste era a de sincronizar a batida do dedo, da forma mais regular e precisa possível, com os estímulos sonoros. Os participantes também foram instruídos a manter a ritmicidade na tarefa após a remoção das pistas externas.

A organização experimental é idêntica a organização dos blocos no experimento 2. A seguir, segue-se a representação esquemática de apresentação dos estímulos sonoros no experimento (Figura 10).

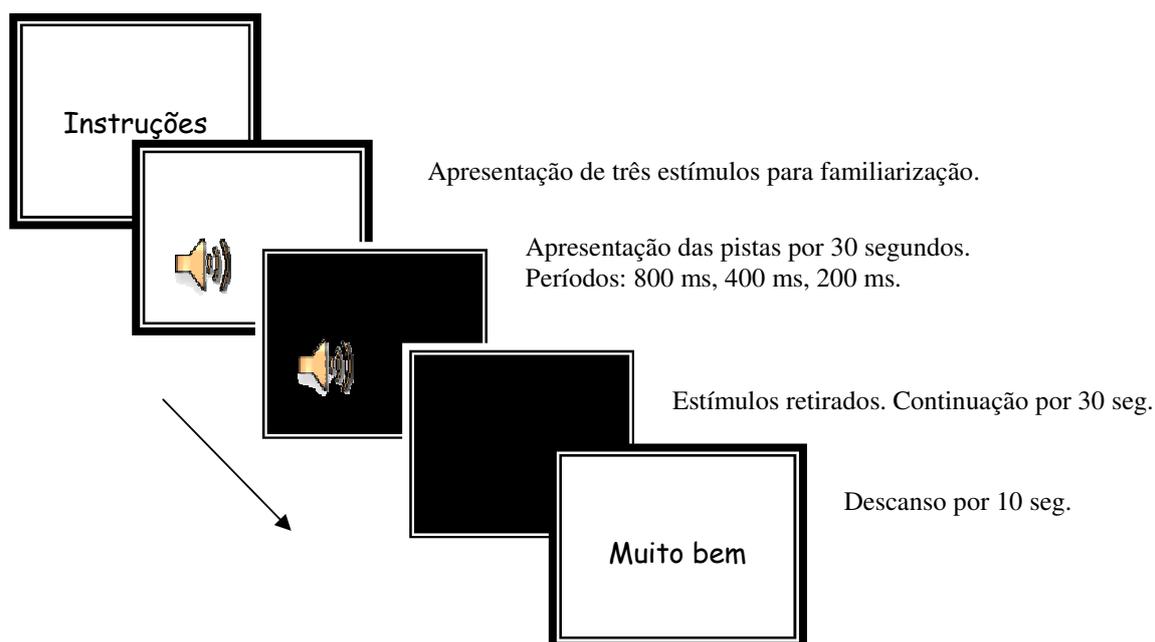


Figura 10. Diagrama com a representação esquemática de apresentação dos estímulos em cada bloco do experimento 3.

3.8. Análise Estatística

Os estímulos sonoros e luminosos foram apresentados aos participantes por meio de programação de um *software* comercial, *E-Prime*, que, nominalmente, garante uma precisão de 1 ms. Este programa também foi utilizado para o registro das respostas manuais. Todos os dados coletados e armazenados estão disponíveis em arquivos com extensão **.edat** e **.txt**. A partir destes arquivos, a organização dos dados foi realizada através de rotinas em *Python*, enquanto as análises dos dados foram feitas no programa *Matlab 7.4*.

3.8.1. Organização dos dados

A partir dos arquivos **.txt** gerados pelo programa *E-Prime*, os dados relevantes para análise foram organizados em tabelas que contém onze planilhas, referentes aos dados gerados nos três experimentos realizados por cada um dos onze participantes da pesquisa. Cada uma destas planilhas apresenta informações referentes aos números que identificam o voluntário, o experimento, os blocos rodados durante um minuto de coleta de dados, e ainda, informações referentes às rotinas dos experimentos, tais como, os tempos cumulativos referentes ao início da apresentação do estímulo (Onset Time), o instante no qual o voluntário pressionou o botão do *joystick* (Reaction Time), o final da apresentação do estímulo (Target Offset Time), e o instante final da apresentação da tela de coleta de dados (Finish Time). Sendo assim, para cada participante, há, aproximadamente, 8000 registros.

Depois de feita a organização dos dados em planilhas contendo os dados brutos de todos os participantes, foi feita uma primeira série de gráficos. A primeira análise foi realizada com os dados brutos dos participantes no experimento de tempo espontâneo.

Nesta primeira análise são apresentados dois gráficos: um contendo os dados de tempo cumulativo durante um minuto de coleta de dados, e um segundo gráfico de pontos, que representa os intervalos entre duas batidas do dedo (Figura 11). Com estes gráficos observa-se nitidamente que alguns dados são significativamente diferentes da média, mas de forma característica, pois são, em geral, o dobro ou o triplo da média na tarefa.

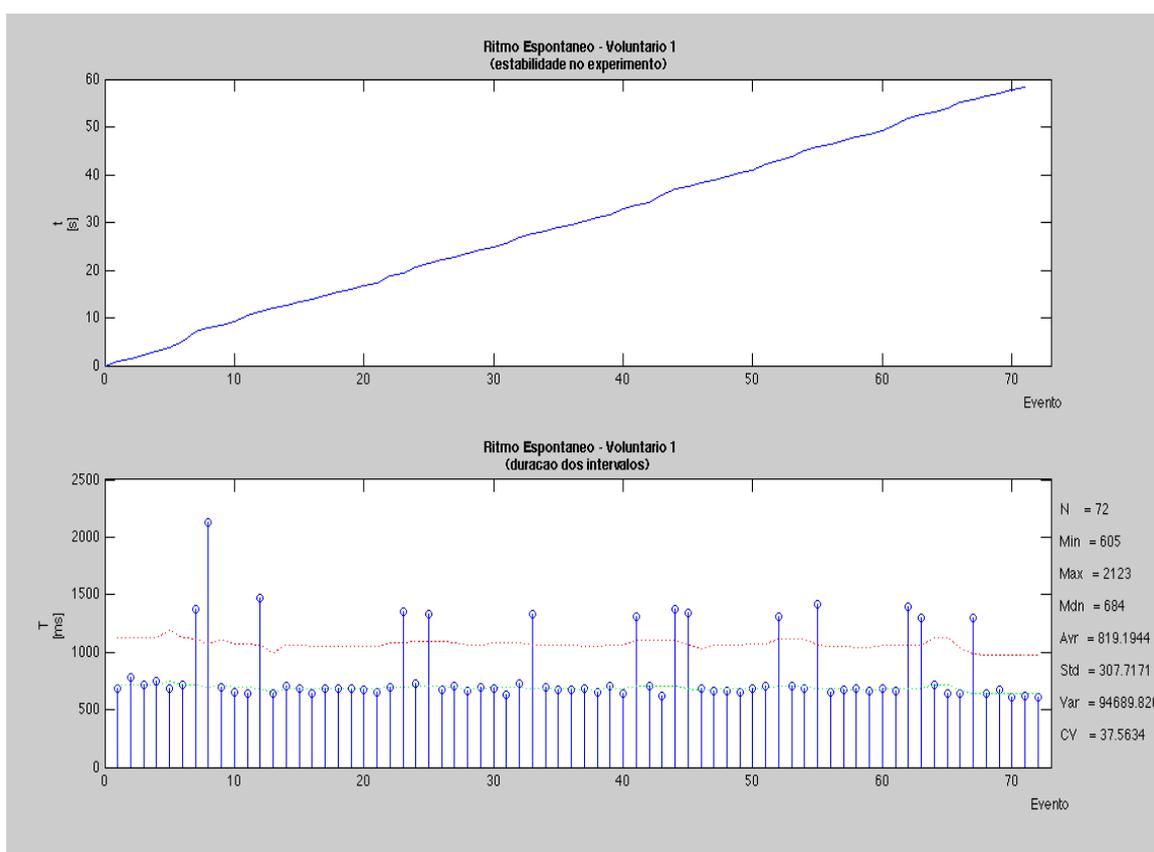


Figura 11. Desempenho de um dos voluntários na tarefa de tempo espontâneo. No primeiro gráfico acima, observa-se no eixo das ordenadas o tempo acumulado em segundos, enquanto no eixo das abscissas o número de eventos (batidas do dedo). No segundo gráfico encontram-se no eixo das ordenadas os períodos médios em ms, enquanto no eixo das abscissas o número de batidas. Ao lado do segundo gráfico podem-se observar algumas informações estatísticas descritivas, como, o número de toques (N), mínima (Min), mediana (Men), média (Avr), desvio padrão (Std), variância (Var) e coeficiente de variação (CV).

Os valores significativamente maiores do que a média dos intervalos entre as batidas são consequência da interface de coleta de dados. Pôde-se observar que, algumas vezes, o *joystick* não registrava a batida do dedo do participante. Isso pode ter acontecido por falha do botão utilizado para coleta das respostas, ou porque o voluntário não pressionou o botão até o ponto suficiente para a coleta da informação. Este artefato pôde ser confirmado através da análise que levou em consideração os instantes em que o *E-Prime* apresentou os estímulos (traços azuis negativos na Figura 12) e o tempo em que o participante bateu o dedo (traços verdes positivos na Figura 12). O círculo em preto destaca um dos momentos em que pôde-se observar que houve apresentação dos estímulos, mas não houve coleta das informações, o que gerou um valor acumulado, múltiplos dos valores médios entre as batidas sucessivas do dedo.

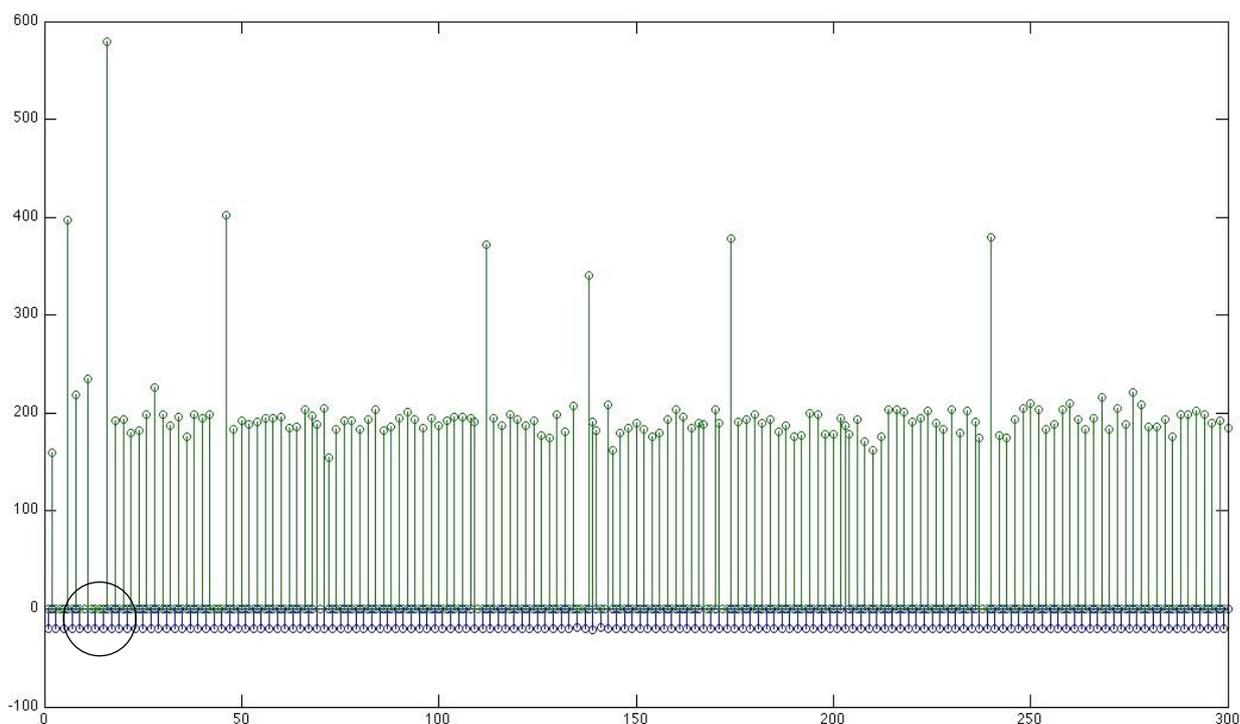


Figura 12. Representação de valores acumulados decorrentes de artefato. No eixo das ordenadas encontram-se os períodos médios em ms, e no eixo das abscissas o número de batidas. Os traços positivos em verde representam as batidas do participante na tarefa com pistas com períodos de 200 ms, já os traços azuis negativos representam o momento de geração dos estímulos pelo programa (valores divididos por 10 para redução da área do gráfico). Círculo preto destaca a ausência de registro de resposta.

Por isso, foi necessário identificar as ocasiões em que ocorreram esses valores acumulados, para substituí-los por frações destes valores em relação aos períodos médios dos intervalos (1/2, 1/3, conforme o caso) e, então, reinseri-los na amostra a fim de compor os dados a serem analisados.

3.8.2. Critério de tratamento dos dados

A constatação de que as grandes discrepâncias decorreram da perda de registros implica que esses valores podem representar a soma de dois ou mais intervalos consecutivos. Assim, pode-se afirmar que o valor total deste registro acumulado é exatamente o que os intervalos perdidos representam, porém, houve a necessidade de se saber quanto, dentro desse total, realmente durou cada um dos intervalos perdidos. Sendo assim, foi elaborado um critério que procurasse levar em conta as características de cada experimento, ao invés de selecionar um valor arbitrariamente fixo.

O critério utilizado para identificação dos valores discrepantes leva em consideração os valores da mediana na tarefa, ao invés da média. A escolha da mediana como referência decorre do fato de que esta é menos sensível às discrepâncias, sendo, portanto, um valor de referência fundamental para a identificação dos valores que realmente foram provocados pelos artefatos.

Portanto, o nível de identificação dos valores discrepantes levou em consideração uma faixa limiar correspondente a duas vezes a mediana local, menos um desvio padrão. A mediana local foi calculada considerando três valores anteriores e três posteriores ao ponto em questão. Nos limites da amostra coletada, onde não havia três pontos anteriores ou três posteriores, foram considerados os primeiros ou últimos sete valores da amostra.

Todo valor que ultrapassasse essa faixa flexível de corte foi considerado discrepante. Isso porque, foi possível observar que muitos dos valores acima da mediana estavam em uma faixa equivalente ao dobro da mediana (Figura 13).

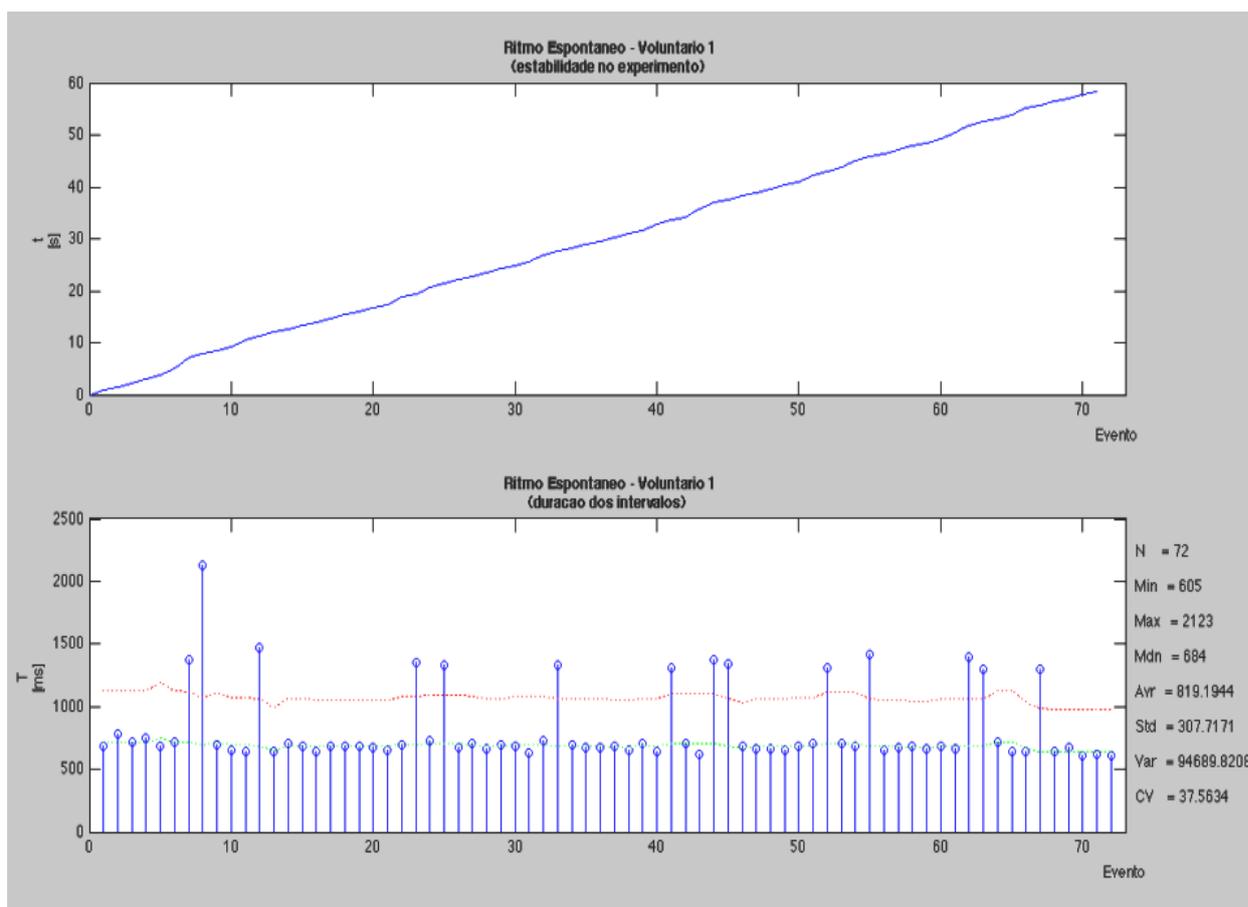


Figura 13. Desempenho de um dos voluntários na tarefa de tempo espontâneo. No gráfico acima, observa-se no eixo das ordenadas o tempo acumulado em segundos, enquanto no eixo das abscissas o número de eventos (batidas do dedo). No segundo gráfico encontram-se no eixo das ordenadas os períodos médios em ms, enquanto no eixo das abscissas o número de batidas. A linha pontilhada verde representa a mediana local, enquanto a linha pontilhada vermelha corresponde ao limite correspondente a duas vezes a mediana local, menos um desvio padrão.

Além disso, foi considerada uma margem de segurança em torno de um desvio padrão. Sendo assim, essa faixa de identificação dos valores discrepantes variou de participante para participante em função de sua regularidade na tarefa.

Dessa forma, cada valor discrepante que se encontrava acima do limite estabelecido e dentro da faixa de identificação passou por um tratamento para reinserção na amostra. O valor do dado discrepante foi dividido pelo valor de mediana, para assim identificar quantos registros foram perdidos. Em seguida, dividiu-se esse valor quociente, para assim, identificar um dos valores não registrados. O valor resultante foi então reinserido na amostra.

A diferença entre o valor original e o novo valor do ponto foi acrescida à amostra, deslocando-se todos os demais pontos. Com isso, de um ponto discrepante, resultaram desta operação um valor compatível com os valores médios das respostas e um segundo dado correspondente a diferença entre o valor discrepante original e o novo dado (Figuras 14 e 15).

Em seguida, o ponto inserido foi submetido à mesma análise e, caso necessário, refaz-se o procedimento para reinserção dos valores referentes. Caso, após o primeiro procedimento, a diferença entre o valor discrepante e o valor reinserido não for maior que o critério de identificação, esse valor é considerado de fato um *outlier*.

Esse processo aumenta o número de pontos na amostra, como resultado da recuperação dos registros perdidos, mas mantém a duração total dos intervalos originais. A escolha deste critério foi feita a fim de evitar a pasteurização dos valores e a reinserção de valores idênticos na amostra.

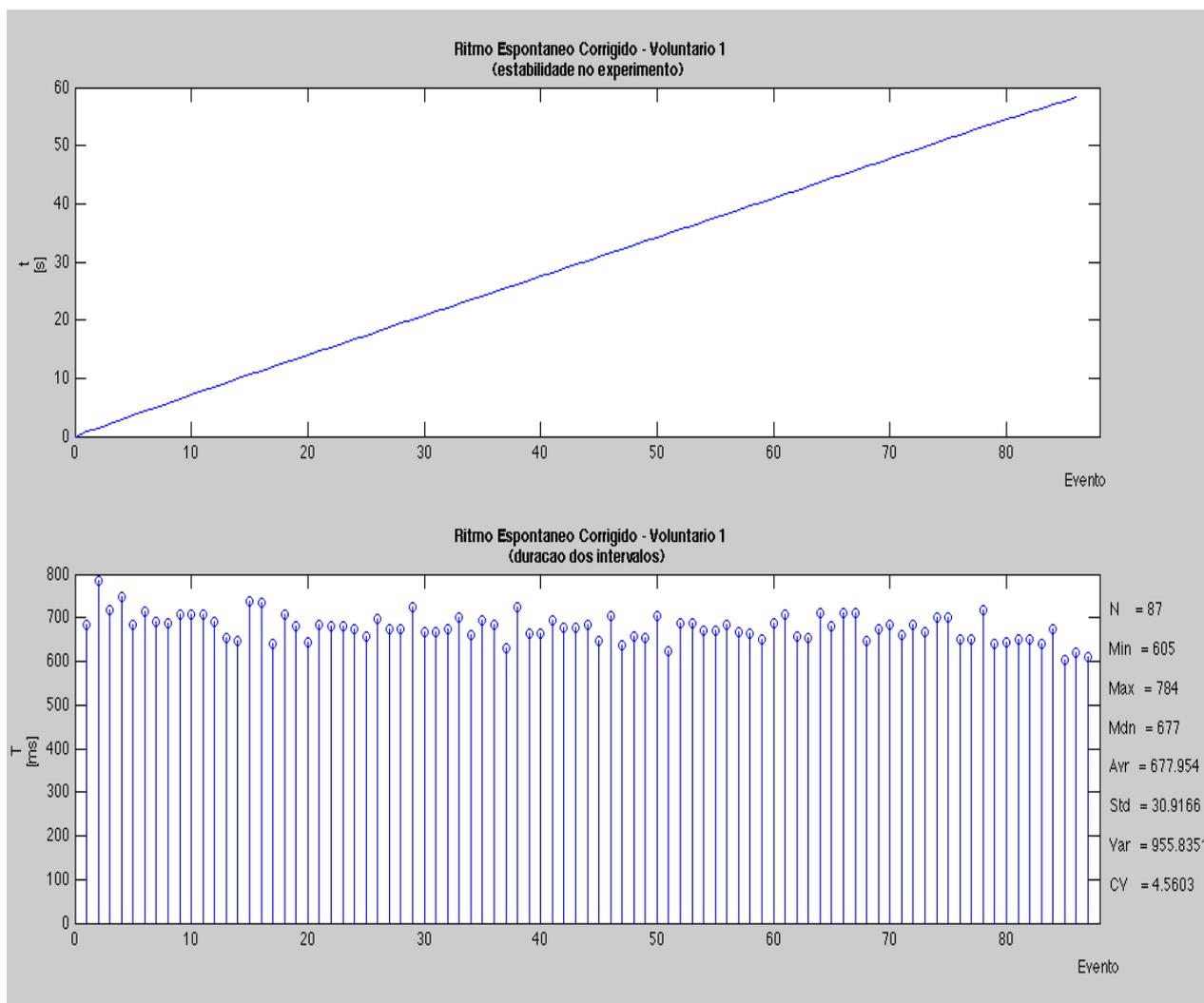


Figura 14. Gráfico ilustra os dados da tarefa de tempo espontâneo depois do processo de tratamento dos dados acumulados em decorrência de artefatos. No gráfico superior, observa-se no eixo das ordenadas o tempo acumulado em segundos, enquanto no eixo das abscissas o número de eventos (batidas do dedo). No segundo gráfico encontram-se no eixo das ordenadas os períodos médios em ms, enquanto no eixo das abscissas o número de batidas.

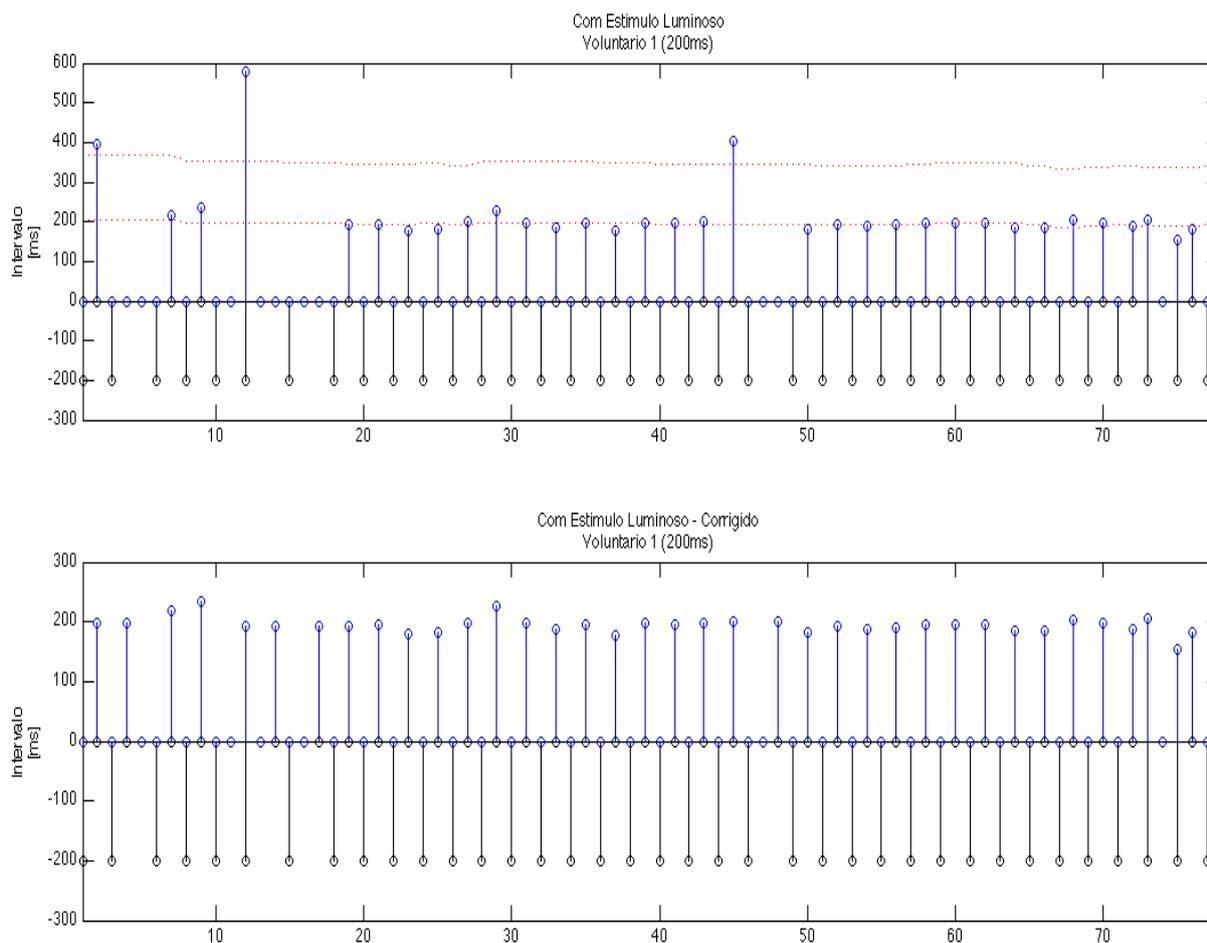


Figura 15. Dados antes e depois do processo de tratamento dos valores acumulados em decorrência de artefatos. Os gráficos apresentam no eixo das ordenadas a representação dos períodos médios (ms) e no eixo das abscissas o número de eventos (batidas do dedo). O primeiro gráfico representa os dados brutos obtidos na tarefa de sincronização a estímulos luminosos de período de 200 ms. Os traços verticais azuis indicam as respostas dos participantes enquanto os traços pretos negativos a apresentação dos estímulos. A linha tracejada vermelha na horizontal do gráfico superior representa a faixa de seleção dos valores acumulados segundo critérios descritos, que envolvem desvio padrão e mediana local.

3.8.3. Análise dos dados

Tendo em vista o interesse em estudar a variabilidade presente em tarefas de geração espontânea de movimentos rítmicos, sincronização sensório-motora a estímulos externos e manutenção da ritmicidade induzida por pistas externas, após a sua remoção, a variável utilizada para verificar o desempenho dos participantes nos experimentos foi o desvio

padrão e o coeficiente de variação. Portanto, a análise dos dados foi focalizada nos dados de variabilidade do intervalo entre batidas sucessivas, a partir das quais foram calculados os períodos médios dos intervalos entre as batidas sucessivas, o desvio padrão, bem como, o coeficiente de variação. Para tanto, as análises foram realizadas em *Matlab 7.4*.

Depois de realizada uma análise inicial nos dados coletados, foi constatado que alguns participantes apresentavam variabilidade significativamente superior ao desempenho dos demais sujeitos experimentais. No experimento 1 – de tempo espontâneo, a variabilidade significativamente maior foi verificada, pois, o desvio padrão das tarefas realizadas por estes voluntários era até três vezes maior do que o desvio padrão dos demais participantes (Tabela 1). Portanto, os dados dos participantes 4, 6, 8 e 11, foram excluídos das análises finais dos dados do experimento 1.

Tabela 1. Dados do experimento 1 com todos os participantes. Participantes excluídos da análise final foram identificados através de um asterisco (*).

Participantes	Média na tarefa (ms)	Desvio Padrão (ms)	Coefficiente de Variação
1	677	31	4,5
2	494	24	5
3	671	28	4,3
4*	564	96	17
5	468	21	4,5
6*	684	92	13,5
7	424	32	7,6
8*	909	77	8,5
9	614	34	5,5
10	660	31	4,7
11*	752	126	16,7

Já nos experimentos de sincronização sensório-motora (e continuação) às pistas periódicas externas luminosas e sonoras, foi observado que os participantes 6, 8, 9 e 11, apresentaram valores de desvios padrão significativamente superiores ao desempenho dos

demais participantes, o que pode ser observado na Tabela 2, que apresenta o valor dos desvios padrão médio para todos os participantes. Tendo em vista que a manutenção destes participantes *outliers* poderia modificar e mascarar os dados reais destes experimentos, optou-se por excluir estes sujeitos experimentais da análise dos dados finais apresentados nesta pesquisa.

Tabela 2. Desvios padrão médio para os onze participantes nas duas fases dos experimentos 2 e 3. Os participantes excluídos da análise foram sinalizados (*).

Período:	200	200	400	400	800	800	200	200	400	400	800	800
Pista:	luz	som	luz	som	luz	som	luz	som	luz	som	luz	som
Tarefa:	sincro	sincro	sincro	sincro	sincro	sincro	cont	cont	cont	cont	cont	cont
Part. 1	11,4	11,5	43,0	19,8	49,2	34,4	16,0	10,3	17,6	15,7	45,3	37,9
Part. 2	15,1	13,0	19,3	14,1	43,4	43,1	12,7	20,8	18,6	14,5	36,4	46,2
Part. 3	21,7	12,1	55,9	25,3	43,2	34,2	12,5	10,2	26,5	20,7	44,3	58,0
Part. 4	24,6	17,3	41,8	22,2	60,8	44,0	29,3	6,6	25,4	21,3	39,6	41,9
Part. 5	19,7	10,5	20,6	16,7	37,5	30,6	10,9	9,5	15,2	12,7	32,8	25,1
Part. 6*	8,7	30,1	129,2	51,5	320,2	55,1	9,0	10,4	91,5	33,2	214,5	78,1
Part. 7	14,1	10,3	25,3	17,7	39,1	39,9	10,3	7,0	27,5	13,3	38,8	32,8
Part. 8*	17,2	29,5	42,9	19,2	39,2	112,5	14,9	13,1	54,3	27,5	66,0	67,4
Part. 9*	19,0	12,2	25,9	19,3	35,6	132,0	23,6	7,5	24,9	21,0	37,7	41,8
Part. 10	16,3	11,7	29,0	18,2	65,6	37,9	13,0	11,2	19,4	19,4	28,7	48,3
Part. 11*	23,8	40,5	45,1	21,5	48,8	29,5	27,0	17,4	43,1	62,3	43,4	155,6

Sendo assim, optou-se por manter a numeração dos participantes de 1 a 11 em todos os gráficos e Tabelas apresentados neste trabalho, tendo em vista que, a renumeração dos voluntários poderia causar dificuldades na compreensão do desempenho de cada sujeito em cada um dos experimentos.

A análise dos dados privilegiou os dados de desvio padrão e coeficiente de variação, que foram submetidos a análises, como, *Teste t*.

4. RESULTADOS

4.1. Experimento 1 - Tempo Espontâneo

Tendo em vista que a tarefa dos participantes neste experimento era a de bater o dedo repetidamente da forma mais regular possível durante um minuto, os objetivos deste experimento foram identificar a faixa de períodos espontaneamente escolhidos pelos participantes e verificar a precisão no manter um ritmo espontâneo constante.

Os dados indicativos da precisão dos participantes foram obtidos através da análise da variabilidade entre as batidas sucessivas.

4.1.1. Períodos médios produzidos

Esta tarefa foi executada com períodos médios que variaram entre os participantes de 424 ms a 677 ms, períodos mínimo e máximo respectivamente. Constatou-se também que a periodicidade média foi de 527,5 ms, com desvio padrão em torno de 107 ms. Portanto, o período médio escolhido pelos participantes na tarefa de tempo espontâneo corresponde a uma faixa de frequências em torno 2 Hz.

A figura a seguir (Figura 16) representa os períodos médios (ms) de todos os participantes analisados na tarefa de *finger tapping* espontâneo.

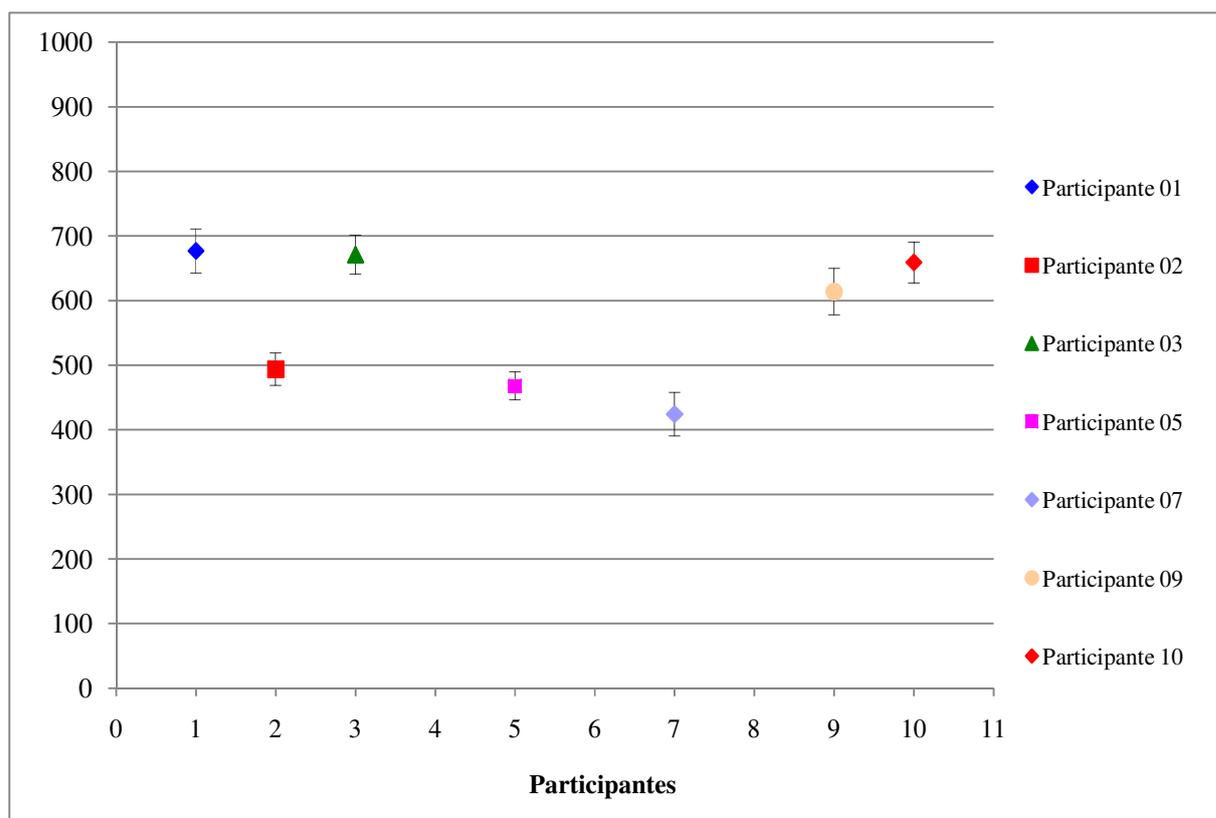


Figura 16. Os valores dos participantes estão representados por símbolos e cores distintas, juntamente com a barra de erro referente ao desvio padrão na tarefa. O eixo das coordenadas representa o período médio em ms, enquanto eixo das abcissas indica o número (arbitrário) utilizado para identificar os participantes.

Na Tabela 3, a seguir, encontram-se os períodos médios e desvios padrão referentes aos participantes analisados de forma detalhada.

Tabela 3. Períodos médios e desvios padrão para os participantes analisados.

Participantes	Média na tarefa (ms)	Desvio Padrão (ms)	Coefficiente de Variação
1	677	31	4,5
2	494	24	5
3	671	28	4,3
5	468	21	4,5
7	424	32	7,6
9	614	34	5,5
10	660	31	4,7

4.1.2. Variabilidade

Na Tabela 3 é possível constatar que a variabilidade dos participantes esteve em torno de 30 ms. Nota-se que um dos participantes apresentou desvio padrão em torno de 21 ms, enquanto outro realizou este experimento com variabilidade de aproximadamente 34 ms, valores de desvio padrão médio mínimo e máximo, respectivamente.

Na Figura 17 é possível visualizar o desempenho de um dos participantes nesta tarefa. Observa-se que o desvio padrão deste participante confere com o desvio padrão médio do grupo amostrado, tendo como consequência, um desempenho representativo.

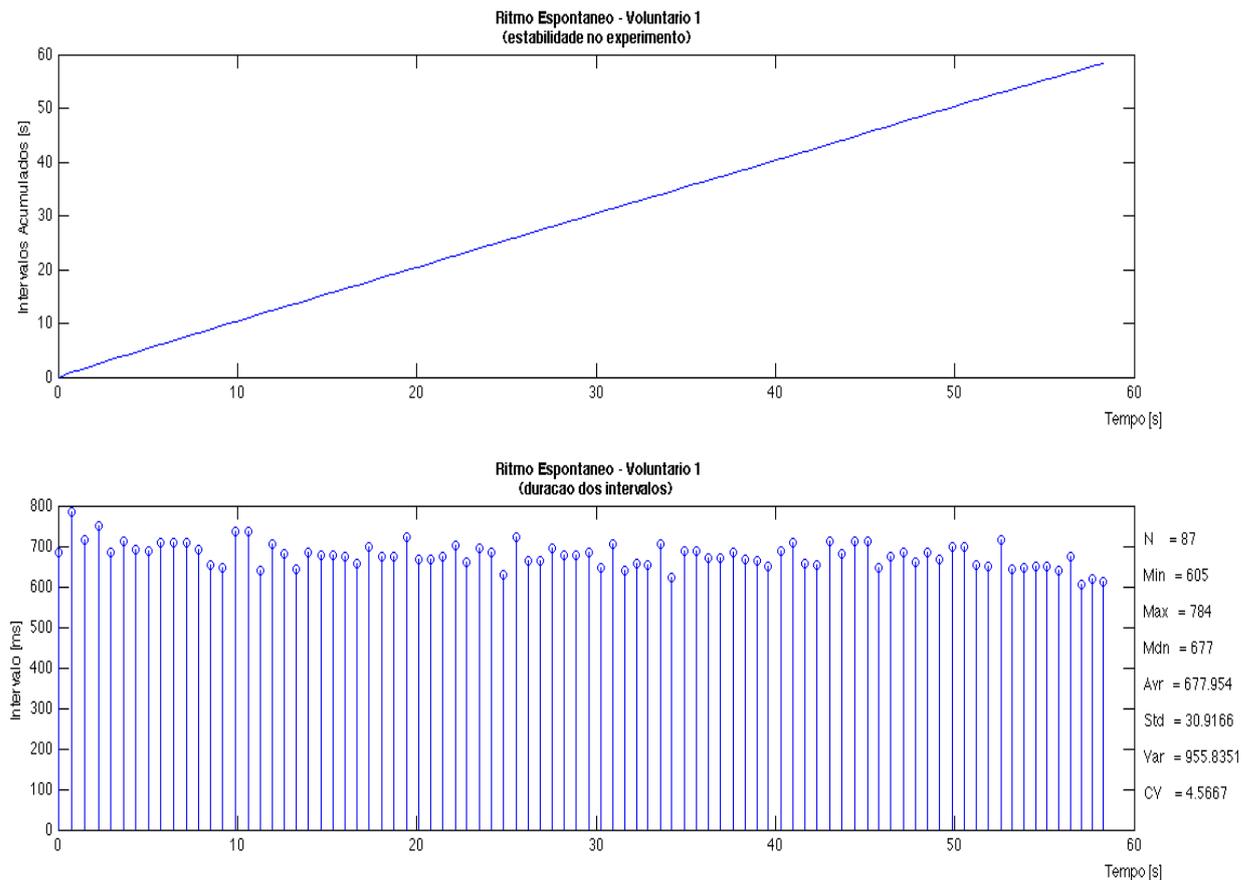


Figura 17. Desempenho médio na tarefa de tempo espontâneo. No gráfico superior, observa-se no eixo das ordenadas o tempo acumulado (soma dos intervalos entre batidas sucessivas) em segundos, enquanto no eixo das abscissas o número de eventos (batidas do dedo) tempo. No segundo gráfico encontram-se no eixo das ordenadas os intervalos entre batidas sucessivas, em ms, enquanto no eixo das abscissas o tempo em que cada batida ocorreu.

Também constata-se que o coeficiente de variação (desvio padrão dividido pela média) esteve em torno de 5 %, com valores extremos de 4,3% e 7,5%. Seis dos sete participantes tiveram coeficientes de variação entre 4,3 e 5,5, sugerindo maior estabilidade nesse parâmetro do que no desvio padrão dos intervalos entre batidas sucessivas.

Tabela 4. Valores de coeficiente de variação para todos os participantes analisados.

Participantes	Média na tarefa (ms)	Desvio Padrão (ms)	Coeficiente de Variação
1	677	31	4,5
2	494	24	5
3	671	28	4,3
5	468	21	4,5
7	424	32	7,5
9	614	34	5,5
10	660	31	4,7
	Média: 572 ms Desvio Padrão: 107 ms	Média dos desvios padrão: 29 ms	Coeficiente de variação médio: 5 %

Também foi possível verificar que a variabilidade entre os sujeitos na geração de um ritmo constante está em torno de 107 ms, enquanto a variabilidade de um único sujeito, apresenta desvio padrão em torno de 30 ms. Portanto, o desvio padrão que representa a variabilidade de um grupo composto por sete participantes, com características físicas e psicológicas distintas, é apenas três vezes maior do que a variabilidade de um único sujeito. Esse dado reforça a idéia que substratos anatômicos, que embasam a escolha de um ritmo espontâneo, são relativamente constantes entre as pessoas.

4.2. Sincronização a estímulos externos

A comparação da variabilidade no bater do dedo na tarefa de sincronização (e continuação) a estímulos luminosos com a sua variabilidade na mesma tarefa, porém com pistas sonoras, mostrou que a sincronização é mais imprecisa e mais variável com estímulos luminosos (*Teste t* pareado; $p = 0,005$).

A tabela a seguir aponta a razão dos desvios padrão de cada um dos participantes nas condições com pistas luminosas em relação aos desvios padrão nas situações com estímulos sonoros. Valores maiores do que 1 indicam que a condição com estímulos sonoros é melhor do que a condição com pistas luminosas, já que o desvio padrão desta situação experimental é menor. Nota-se que apenas sete dos 42 valores são < 1 , e apenas 4 são abaixo de 0,94.

Tabela 5. Comparação do desempenho com pistas luminosas e sonoras: razão dos desvios padrão para Luz e Som ($DP(Luz)/DP(Som)$) em cada experimento para todos os voluntários.

Período:	200	400	800	200	400	800
Pista:	Luz/Som	Luz/Som	Luz/Som	Luz/Som	Luz/Som	Luz/Som
Tarefa:	Sincro.	Sincro.	Sincro.	Cont.	Cont.	Cont.
Part. 1	0,990934	2,171819	1,429242	1,562429	1,121211	1,195319
Part. 2	1,166487	1,363674	1,00554	0,608567	1,285711	0,786818
Part. 3	1,791835	2,205299	1,264599	1,227338	1,282596	0,764491
Part. 4	1,426327	1,886269	1,380737	4,457972	1,19431	0,944636
Part. 5	1,873764	1,228869	1,227818	1,150586	1,199901	1,305667
Part. 7	1,377441	1,428587	0,981841	1,478363	2,06924	1,179831
Part. 10	1,387323	1,590161	1,73112	1,156983	1,00358	0,593668

Também foi observado que, em média, a condição a estímulos luminosos apresenta desvio padrão maior que a pistas sonoras, *mesmo na condição de continuação*, onde as pistas não mais estão presentes.

As Figuras 18 e 19 permitem a visualização do desempenho de um dos participantes na tarefa de sincronização (e continuação) a estímulos luminoso de 200 ms, e também, de sincronia a pistas sonoras de mesmo período. Nota-se que o desempenho deste participante é mais regular e preciso na condição com apresentação de pistas sonoras, haja vista os valores de média, desvio padrão e coeficiente de variação, apresentados ao lado dos gráficos.

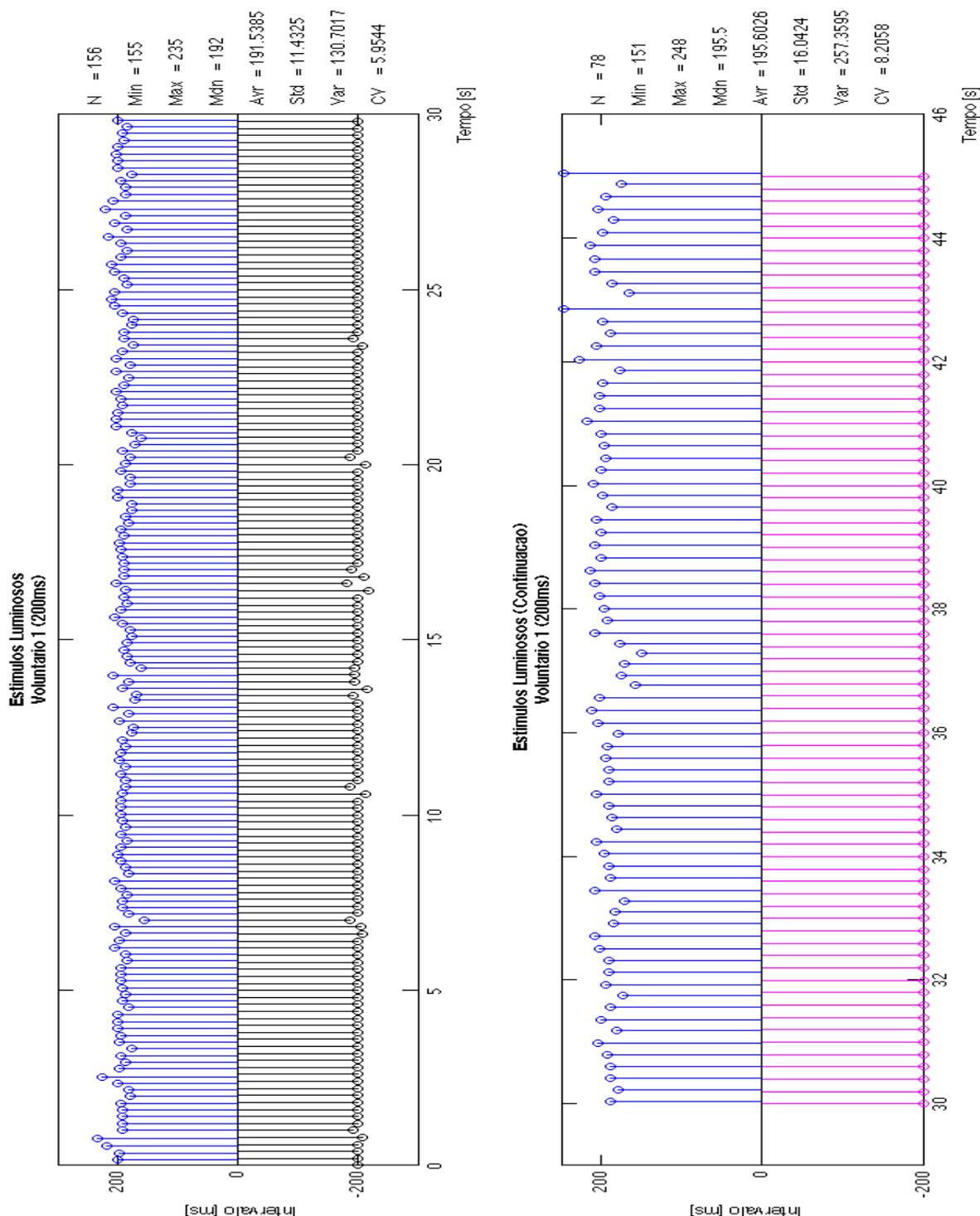


Figura 18. Intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos luminosos de 200 ms. O gráfico superior apresenta nas ordenas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. O eixo das ordenas apresenta os períodos médios em ms, e o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante de fato bateu o dedo.

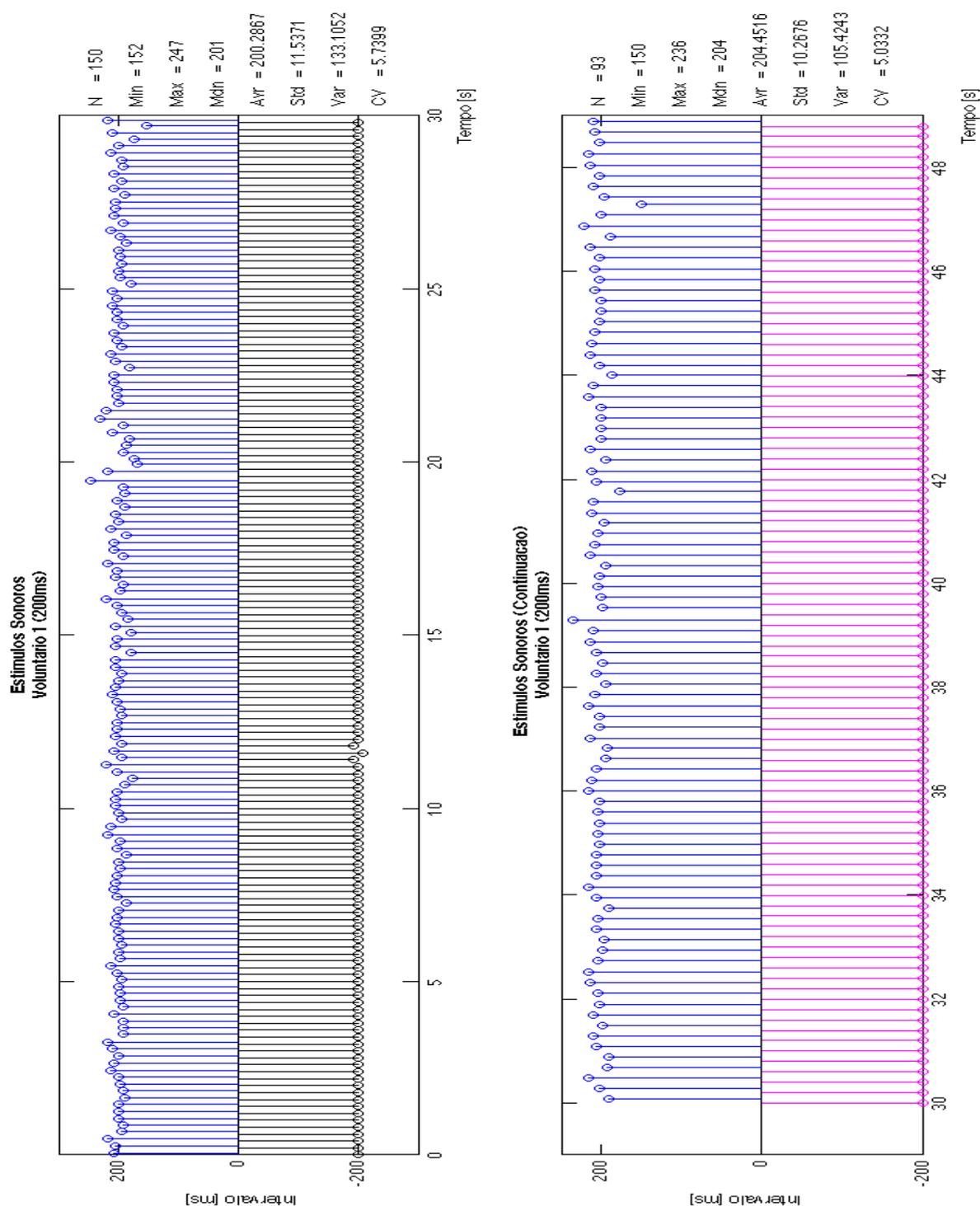


Figura 19. Gráfico apresenta os intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos sonoros de 200 ms. O gráfico superior apresenta no eixo das ordenas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas sonoras, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário de fato bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. Portanto, o eixo das ordenas apresenta os períodos instantâneos em ms, enquanto o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante bateu o dedo.

A tendência de maior precisão e menor variabilidade nas tarefas com estímulos sonoros também foi constatada nas tarefas com apresentação de estímulos com período de 400 ms e 800 ms. Nas Figuras 20 a 23 pode-se observar o desempenho do mesmo voluntário para a sincronização (e continuação) com estímulos externos luminosos e sonoros com períodos de 400 ms e 800 ms.

Através destes gráficos pode-se constatar que os estímulos apresentados pelo *software E-Prime* não tem a regularidade ideal. No entanto, as irregularidades não causaram alterações notáveis nos intervalos entre as batidas sucessivas geradas pelos participantes no caso dos experimentos realizados neste trabalho.

As figuras também revelam, por exemplo, que os participantes tendem a não sincronizar a batida do dedo aos estímulos apresentados. Isso porque, é possível observar que há, geralmente, um atraso de fase nas batidas do dedo em relação aos pulsos externos, com perda ou ganho de uma batida a cada grupo de estímulos, composto por um número ainda indeterminado de impulsos externos.

Os dados contidos nesses gráficos apresentam uma grande quantidade de informações muito ricas. Porém, não foi possível explorá-las em sua plenitude nesta fase do trabalho.

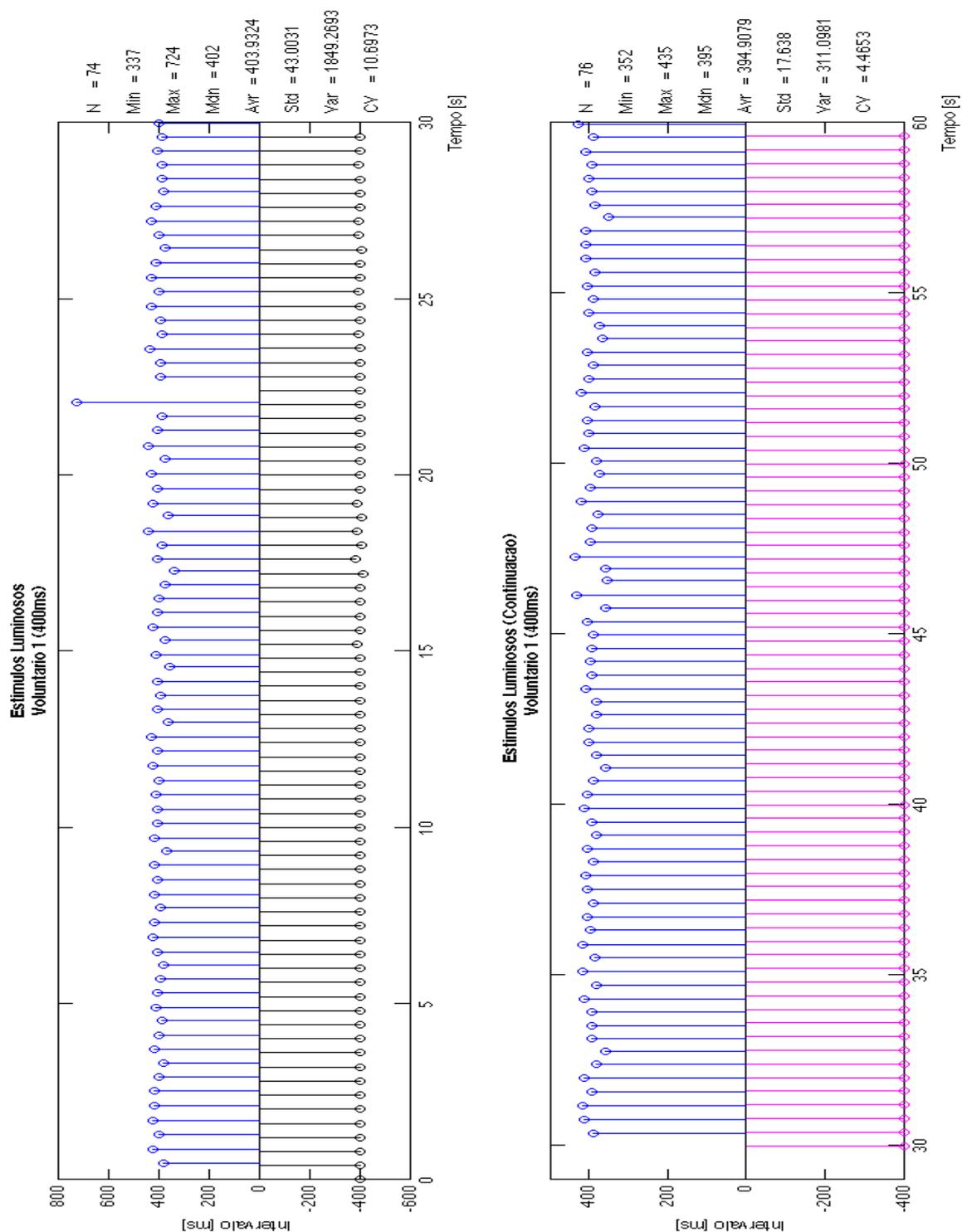


Figura 20. Gráfico apresenta os intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos luminosos de 400 ms. O gráfico superior apresenta no eixo das ordenas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas luminosas, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário de fato bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. Portanto, o eixo das ordenas apresenta os períodos instantâneos em ms, enquanto o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos rosas representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante bateu o dedo.

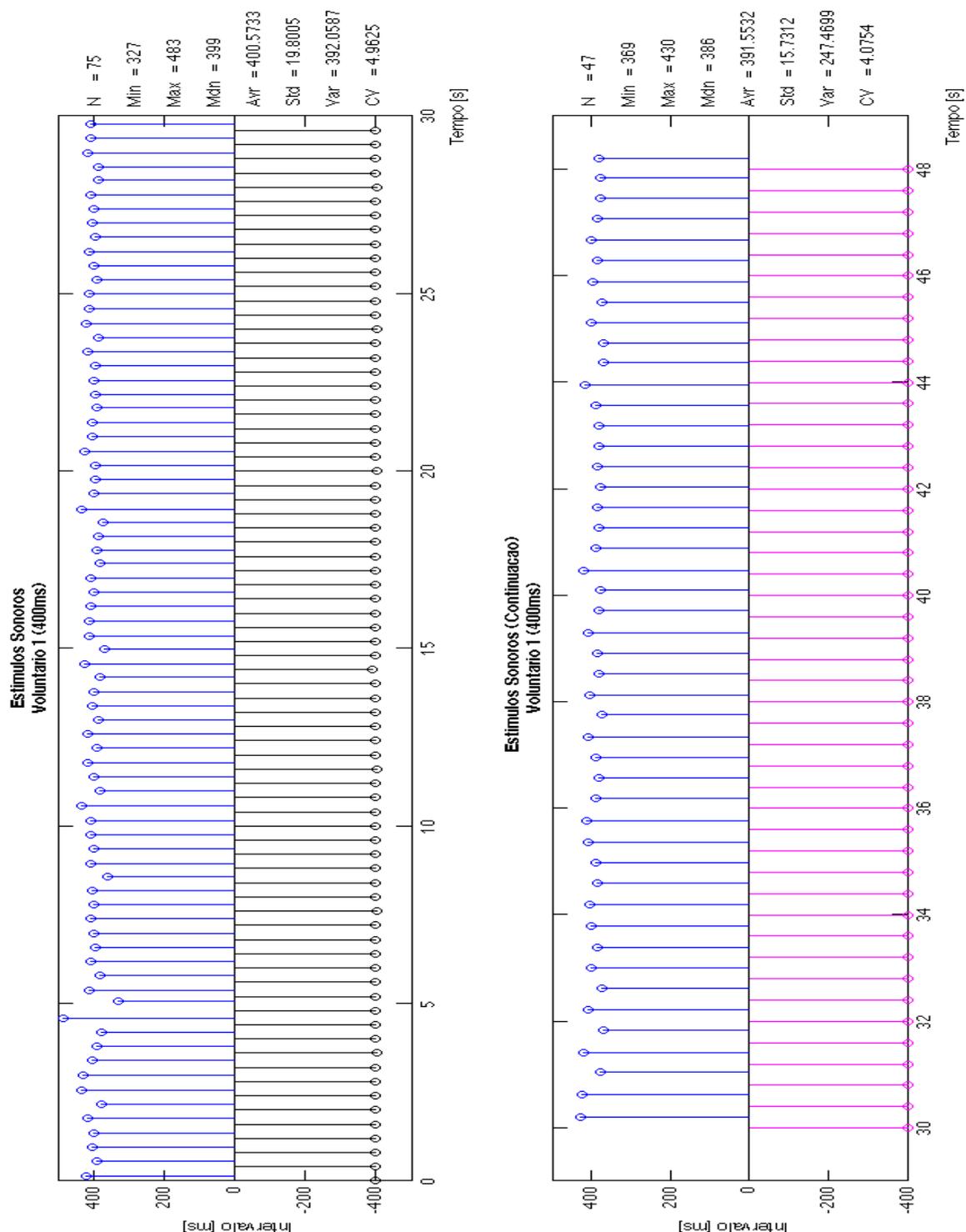


Figura 21. Gráfico apresenta os intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos sonoros de 400 ms. O gráfico superior apresenta no eixo das ordenas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas sonoras, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário de fato bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. Portanto, o eixo das ordenas apresenta os períodos instantâneos em ms, enquanto o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante bateu o dedo.

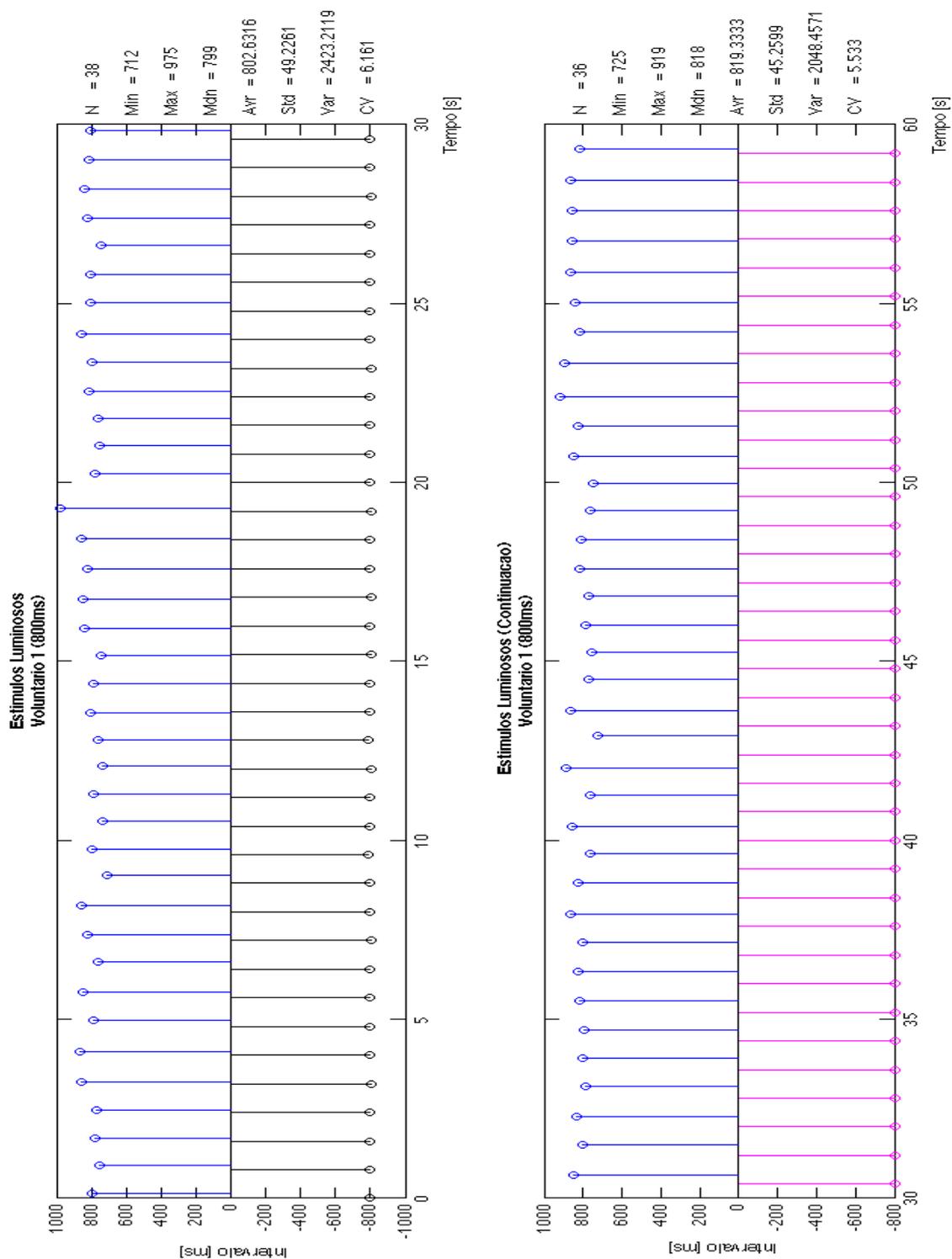


Figura 22. Gráfico apresenta os intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos luminosos de 800 ms. O gráfico superior apresenta no eixo das ordenas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas luminosas, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário de fato bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. Portanto, o eixo das ordenas apresenta os períodos instantâneos em ms, enquanto o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante bateu o dedo.

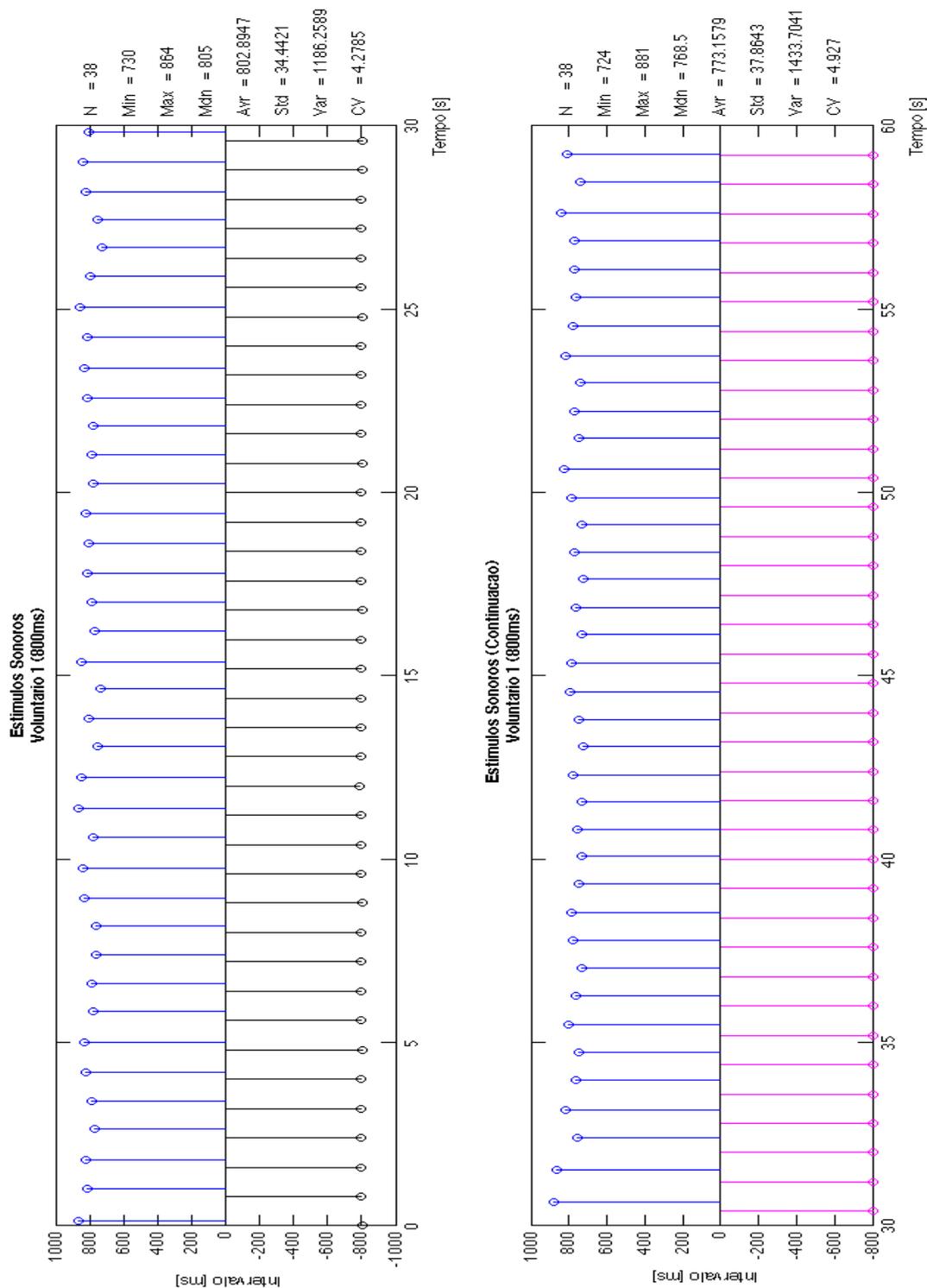


Figura 23. Gráfico apresenta os intervalos entre batidas sucessivas na condição com estímulos sonoros de 800 ms. O gráfico superior apresenta no eixo das ordenas os períodos instantâneos em ms, enquanto no eixo das abscissas encontra-se o tempo em segundos. Os traços verticais pretos negativos representam os instantes de apresentação das pistas sonoras, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam o instante no qual o voluntário de fato bateu o dedo. Já o gráfico inferior apresenta as informações na fase de continuação, sem apresentação de pistas. Portanto, o eixo das ordenas apresenta os períodos instantâneos em ms, enquanto o eixo das abscissas apresenta os tempos em segundos, sendo uma continuação dos tempos do primeiro gráfico. Os traços negativos representam a condição de continuação ideal, enquanto os traços azuis verticais positivos indicam os instantes em que o participante bateu o dedo.

Comparando os desvios padrão entre as condições na fase de sincronização em relação à fase de continuação, pode-se constatar que a fase de continuação possui geralmente menor variabilidade do que a fase de sincronização às pistas periódicas externas. A Tabela 6 apresenta a razão dos desvios padrão de cada um dos participantes nas condições de sincronização às pistas externas em relação aos desvios padrão nas situações de continuação. Valores maiores do que 1 indicam que a condição de sincronia possui menor variabilidade, o que ocorre em poucas ocasiões, como realçado na Tabela abaixo. Chama a atenção que apenas 11 dos 42 valores são >1 , sendo apenas 5 $>1,1$.

Tabela 6. Comparação do desempenho na fase de sincronia e continuação: razão dos desvios padrão para Sincronia e Continuação ($DP(Cont)/DP(Sincro)$) em cada experimento para todos os voluntários.

Período:	200	400	800	200	400	800
Pista:	Luz	Luz	Luz	Som	Som	Som
Tarefa:	Sincro/Cont.	Sincro/Cont	Sincro/Cont	Sincro/Cont	Sincro/Cont	Sincro/Cont
Part. 1	1,403228	0,889964	0,410156	0,794485	0,919429	1,099361
Part. 2	0,838124	1,606497	0,965576	1,024126	0,838267	1,071292
Part. 3	0,575608	0,840351	0,474001	0,814998	1,025807	1,696861
Part. 4	1,190282	0,38083	0,608444	0,960964	0,651571	0,952376
Part. 5	0,553267	0,901012	0,740616	0,758496	0,872579	0,820552
Part. 7	0,729946	0,680115	1,086435	0,750066	0,990338	0,824147
Part. 10	0,799545	0,958723	0,670656	1,062647	0,43762	1,276087

Também foi constatado que o desvio padrão possui relação direta com o período dos estímulos, já que a variabilidade aumenta em função dos períodos dos estímulos. Na Tabela 7 estão apresentados os desvios padrão para todos os participantes em todas as condições experimentais estudadas.

Observa-se que a média dos desvios padrão para a condição de sincronização a estímulos luminosos de 200 ms foi de aproximadamente 17 ms, enquanto na mesma

condição, porém com estímulos sonoros, o desvio padrão médio foi em torno de 12 ms. Para os estímulos com período de 400 ms, na condição com luz o desvio padrão médio é por volta de 33 ms, enquanto com pistas sonoras de mesmo período, o desvio padrão médio foi de 19 ms. Essa tendência se mantém para os estímulos de 800 ms, cujo desvio padrão na condição com pistas luminosas foi por volta de 48 ms, enquanto com estímulos sonoros de 800 ms, o desvio padrão foi de aproximadamente 37 ms. Portanto, o desvio padrão médio esteve em uma faixa de 10,7 ms a 48,4 ms.

Sendo assim, o desvio padrão aumenta linearmente conforme o aumento do período dos estímulos, como pode ser verificado na tabela abaixo. Pode-se notar o aumento na incidência de desvios padrão maiores que 40 ms com o aumento dos períodos, de 200 a 800 ms.

Tabela 7. Desvios padrão dos intervalos entre batidas sucessivas para todos os participantes analisados nas doze condições estudadas. Destacam-se em negrito os valores superiores a 40 ms.

Período:	200	200	400	400	800	800	200	200	400	400	800	800
Pista:	luz	som	luz	som	luz	som	luz	som	luz	som	luz	som
Tarefa:	sincro	sincro	sincro	sincro	sincro	sincro	cont	cont	cont	cont	cont	cont
Part. 1	11,4	11,5	43,0	19,8	49,2	34,4	16,0	10,3	17,6	15,7	45,3	37,9
Part. 2	15,1	13,0	19,3	14,1	43,4	43,1	12,7	20,8	18,6	14,5	36,4	46,2
Part. 3	21,7	12,1	55,9	25,3	43,2	34,2	12,5	10,2	26,5	20,7	44,3	58,0
Part. 4	24,6	17,3	41,8	22,2	60,8	44,0	29,3	6,6	25,4	21,3	39,6	41,9
Part. 5	19,7	10,5	20,6	16,7	37,5	30,6	10,9	9,5	15,2	12,7	32,8	25,1
Part. 7	14,1	10,3	25,3	17,7	39,1	39,9	10,3	7,0	27,5	13,3	38,8	32,8
Part. 10	16,3	11,7	29,0	18,2	65,6	37,9	13,0	11,2	19,4	19,4	28,7	48,3

Também foi constatado que na comparação com os desvios padrão em todas as condições estudadas, o coeficiente de variação é um parâmetro significativamente mais estável ($p < 0.004$). A estabilidade do desvio padrão e do coeficiente de variação foi avaliada em termos dos desvios de cada medida em relação ao valor médio. Os registros experimentais dos dois parâmetros foram utilizados para obter valores normalizados, dividindo cada valor pela média. Os quadrados das diferenças entre cada valor normalizado e a média foram comparados com *Teste-t* pareado.

Esse resultado sugere que existem mecanismos de acumulação inerentes ao funcionamento dos mecanismos dos relógios internos presentes nas escalas de tempo estudadas (200 ms a 800 ms). A Tabela 8 apresenta o coeficiente de variação dos desvios padrão dos intervalos entre batidas sucessivas para todos os participantes analisados e em todos os experimentos.

Tabela 8. Coeficiente de Variação (CV) dos desvios padrão dos intervalos entre batidas sucessivas em todos os experimentos, para todos os participantes. Valores acima de 10% são realçados para salientar o fato que são raros.

Período:	200	200	400	400	800	800	200	200	400	400	800	800
Pista:	luz	som	luz	som	luz	som	luz	som	luz	som	luz	som
Tarefa:	sincro	sincro	sincro	sincro	sincro	sincro	cont	cont	cont	cont	cont	cont
Part. 1	5,72	5,77	10,75	4,95	6,15	4,31	8,02	5,13	4,41	3,93	5,66	4,73
Part. 2	7,56	6,48	4,82	3,53	5,42	5,39	6,34	10,41	4,65	3,62	4,55	5,78
Part. 3	10,85	6,05	13,97	6,34	5,40	4,27	6,24	5,09	6,62	5,16	5,54	7,25
Part. 4	12,32	8,64	10,45	5,54	7,60	5,51	14,67	3,29	6,36	5,32	4,95	5,24
Part. 5	9,87	5,27	5,14	4,19	4,69	3,82	5,46	4,75	3,81	3,18	4,10	3,14
Part. 7	7,07	5,13	6,32	4,42	4,89	4,98	5,16	3,49	6,87	3,32	4,84	4,11
Part. 10	8,13	5,86	7,24	4,55	8,19	4,73	6,50	5,62	4,86	4,84	3,59	6,04

Na Figura 24 é possível observar de forma mais clara a diminuição dos valores médios de coeficiente de variação da condição com pistas luminosas para a condição com apresentação de estímulos sonoros. Esse ponto reforça dados já apresentados na literatura, que mostram que a sincronização sensório-motora e percepção de tempo está mais fortemente relacionada aos estímulos sonoros (Jantzen et al., 2005; Patel et al., 2005; Repp, 2005; Chen; Repp; Patel, 2002)..

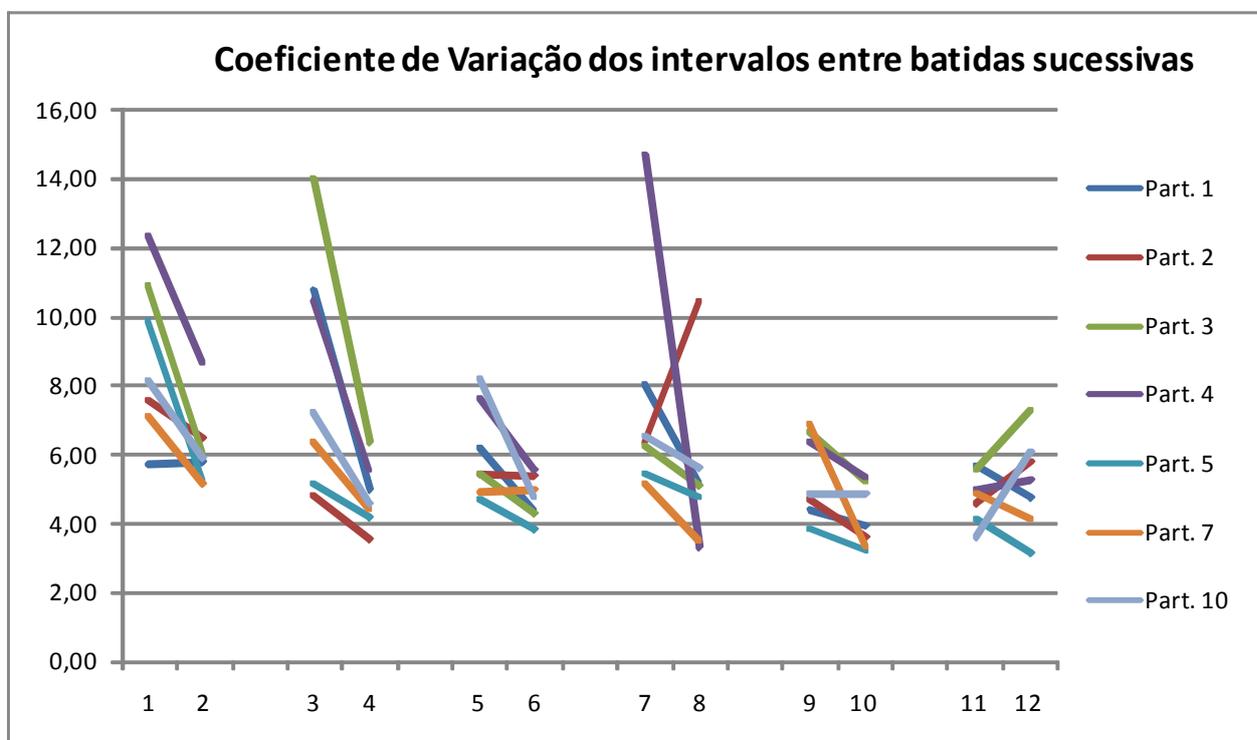


Figura 24. Coeficiente de variação dos desvios padrão dos intervalos entre batidas sucessivas em todas as doze condições estudadas, para todos os participantes analisados. Eixo das ordenadas apresenta valores de coeficiente de variação em porcentagem, e o eixo das abscissas o número referente a cada condição, sendo: 1: Sinc. Luz 200 ms; 2: Sinc. Som 200 ms; 3: Sinc. Luz 400 ms; 4: Sinc. Som 400 ms; 5: Sinc. Luz 800 ms; 6: Sinc. Som 800 ms; 7: Cont. Luz 200 ms; 8: Cont. Som 200 ms; 9: Cont. Luz 400 ms; 10: Cont. Som 400 ms; 11: Cont. Luz 800 ms; 12: Cont. Som 800 ms.

5. DISCUSSÃO

5.1. Tempo Espontâneo

Os intervalos médios entre batidas sucessivas em tempo espontâneo variaram entre 424 e 677 ms. Estes valores estão de acordo com os experimento de Fraise (1982), que verificou períodos entre 380 e 880 ms.

Os dados obtidos neste trabalho também estão de acordo com a pesquisa de McAuley e colaboradores (2006), que apontaram que o período médio dos tempos espontâneos para indivíduos entre 18 e 38 anos era de 630 ms, com desvio padrão individual de 22 ms. O presente trabalho também coletou dados com pessoas entre 18 e 30 anos (média de idade de aproximadamente 23 anos) e obteve um período médio de 527 ms e desvio padrão médio de 29 ms.

Também foi constatado nesta pesquisa que a faixa de frequências espontaneamente escolhidas pelos participantes na tarefa de geração de um ritmo regular, esteve em torno de 2 Hz. Esses valores são coerentes com os de MacDougall; Moore (2005) e Bove et al., (2009), que também observaram movimentos rítmicos espontâneos preponderantemente na faixa de 2 Hz.

Outro resultado que vale ser destacado é que a variabilidade entre os sujeitos na geração de um ritmo constante esteve em torno de 100 ms, enquanto a variabilidade de um único sujeito, esteve em torno de 30 ms. Isso revela que o desvio padrão que representa a variabilidade de um grupo composto por sete participantes, com características físicas e psicológicas distintas, não chega a ser quatro vezes maior do que a variabilidade de um

único sujeito. Portanto, a variabilidade de um único indivíduo representa o limite de precisão possível para um ser humano.

Esse dado reforça a idéia que os substratos anatômicos que embasam a escolha de um ritmo espontâneo são relativamente constantes entre as pessoas. Sendo assim, os mecanismos neurais de referência temporal, ou relógios internos, provavelmente têm ressonâncias em frequências na faixa de 2 Hz, sendo essa frequência onipresente no comportamento espontâneo de seres humanos, inclusive em oscilações do EEG em sono profundo, a situação em que o sistema nervoso mais está desvinculado de estímulos externos ou de atividades motoras direcionadas a objetos no ambiente.

De acordo com Drake, Jones e Baruch (2000), esse período médio por volta de 600 ms seria um período basal de funcionamento do relógio interno, que atuaria como período de referência para o processamento de informações temporais externas. Desta forma, é interessante relacionar esse período de referência neural interna a ressonâncias biomecânicas que determinam atividades motoras, como, andar, mastigar, bater palmas etc.

5.2. Sincronização a estímulos externos

Os dados obtidos nesta pesquisa confirmaram a hipótese de que a sincronização sensório-motora é mais precisa e menos variável seguindo pistas sonoras do que pistas luminosas. A maior instabilidade foi constatada quantitativamente devido ao maior desvio padrão no desempenho dos participantes na sincronização sensório-motora a estímulos luminosos. Este resultado confirma as sugestões apresentadas em trabalhos anteriores (Jantzen et al., 2005; Patel et al., 2005; Repp, 2005; Chen; Repp; Patel, 2002).

Tem sido proposto que esta maior variabilidade na sincronia a estímulos visuais decorre de uma maior variabilidade na operação do ‘interruptor’ do relógio interno relacionada à modalidade visual (Wearden et al., 1998). Outra sugestão leva em consideração aspectos ligados à conexão neural entre áreas auditivas e motoras. Por exemplo, Chen, Zatorre e Penhune (2006) mostraram que o córtex pré-motor dorsal estaria envolvido na interação entre o sistema motor e sistema auditivo durante movimentos seqüenciais, propondo assim que, as informações temporais sonoras seriam diretamente integradas no sistema motor.

Chama a atenção que a maior variabilidade na tarefa com pistas visuais se mantém na fase de continuação da tarefa, pois, os valores dos desvios padrão médio identificados nestes experimentos continua maior, mesmo na ausência de guias externos. Esse resultado é contrário ao esperado, pois, havia-se a expectativa que o (esperado) aumento no desvio padrão dos intervalos entre batimentos sucessivos fornecesse a informação necessária à separação da contribuição do relógio interno à variabilidade do bater do dedo. Se o desvio padrão, ao invés de aumentar, diminuíssem quando o metrônomo externo é apagado, a interpretação, em termos de contribuições de imprecisões do relógio interno na variabilidade do bater o dedo, levaria a crer que a referência externa interfira (e não substitua) com referências internas de sincronização motora. Possivelmente ressonâncias ocorram entre as referências externa e interna, de modo que quando as duas estão presentes, o desempenho fique abaixo do que se esperaria. Quando livre da referência externa, o relógio interno seria livre para agir sem interferências, e, portanto, com maior precisão. O ponto chave nessa discussão é que o metrônomo externo aparentemente não exclui a necessidade da participação de mecanismos de temporização internos para a coordenação de movimentos no tempo.

Surpreende que, mesmo na continuação, há melhor desempenho depois da definição de um ritmo por pistas sonoras do que depois de pistas luminosas. Em ambos os casos o padrão temporal do relógio interno aparentemente seria o guia único depois de apagar a pista externa, e, portanto, a variabilidade deveria ser igual nas duas situações. O resultado, que nega essa expectativa, implica que os padrões temporais definidos pelo relógio interno sejam diferentes quando definidos em modalidade visual e auditiva. Isso faz sugerir que o mecanismo de temporização interna aparentemente não é único, e apresenta alterações se funcionar em contexto auditivo ou visual.

Apesar da variabilidade (desvio padrão) nas tarefas estudadas ser significativamente diferente aumentando em função de um aumento no período, o coeficiente de variação permanece razoavelmente constante para todas as condições, seu valor não se afastando muito de aproximadamente 5%. Esse dado indica que a variabilidade é proporcional ao intervalo entre batidas sucessivas, pois quanto maior o intervalo, maior é a variabilidade na tarefa. Já que a diferença no acúmulo aumenta proporcionalmente ao intervalo entre batidas (Repp, 2005, 2006), parece plausível a hipótese que mecanismos de acumulação estejam diretamente envolvidos com a percepção de tempo e produção de ritmos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os objetivos propostos neste trabalho, as conclusões foram as seguintes:

1. Foi confirmado que os períodos médios em tarefas de geração de movimentos rítmicos regulares está em torno de aproximadamente 500 ms;
2. Identificou-se que a sincronização a estímulos periódicos sonoros é mais precisa que a sincronização a estímulos periódicos luminosos;
3. Constatou-se que mesmo na condição de manutenção do ritmo, há melhor desempenho após o estabelecimento do ritmo por pistas sonoras do que por pistas luminosas;
4. Constatou-se também que o coeficiente de variação em todas as condições estudadas apresenta valor de aproximadamente 5%, sendo, portanto, um parâmetro que descreve melhor a variabilidade de movimentos rítmicos do que o desvio padrão dos intervalos entre batidas sucessivas;
5. Sugere-se que o relógio interno dependa de mecanismos de acumulação;
6. Conclui-se que o papel da atenção nos experimentos propostos neste trabalho é complexo e, portanto, não redutível a um foco temporal que possa ser definido claramente em termos de um número definido em milissegundos.

Os experimentos aqui relatados e discutidos forneceram um volume muito grande de dados, que não foram plenamente apresentados e analisados neste documento. Por isso, a análise ulterior dos dados aqui descritos e a continuação desse trabalho poderão ser acessadas no seguinte endereço eletrônico: <http://www.fisio.icb.usp.br/~ranvaud>.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCHERSLEBEN, G.; BERTELSON, P. Temporal ventriloquism: crossmodal interaction on the time dimension: 2. Evidence form sensoriomotor synchronization. **International Journal of Psychophysiology**, v. 50, p. 157-163, 2003.

ASCHERSLEBEN, G.; GEHRKE, J.; PRINZ, W. Tapping with peripheral nerve block: a role for tactile feedback in the timing of movements. **Exp. Brain Res.**, v. 136, p. 331-339, 2001.

BERTELSON, G.; ASHCERSLEBEN, G. Temporal ventriloquism: crossmodal interaction on the time dimension: 1. Evidence form auditory-visual temporal order judgment. **International Journal of Psychophysiology**, v. 50, p. 147-155, 2003.

BLOCK, R.A.; ZAKAY, D. Human aging and duration judgments: a meta-analytic review. **Psychol. Aging**, v. 13, n° 4, p. 584-596, 1998.

BOVE, M. et al. Spontaneous movement tempo is influenced by observation of rhythmical actions. **Brain Research Bulletin**, 2009. In Press.

BROWN, S.W., BOLTZ, M.G. Attentional Processes in time perception: effects of mental workload and event structure. **J. Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, vol. 28, n° 3, p. 600-615, 2002.

CHEN, J.L.; REPP, B.H.; PATEL, A.D. Spectral decomposition of variability in synchronization and continuation tapping: comparisons between auditory and visual pacing and feedback conditions. **Human Movement Science**, v. 21, p. 515-532, 2002.

CHEN, J.L.; ZATORRE, R.J.; PENHUNE, V.B. Interactions between auditory and dorsal premotor cortex during synchronization to musical rhythms. **NeuroImagem**, v. 32, p. 1771-1781, 2006.

CHEN, J.L.; PENHUNE, V.B.; ZATORRE, R.J. Moving on time: brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v. 20, n° 2, p. 226-239, 2008.

COLLYER; C.; BROADBENT, H.A.; CHURCH, R.M. Preferred rates of repetitive tapping and categorical time production. **Percept Psychophysiology**, v. 55, p. 443-453, 1994.

CONTE, S.; FERLAZZO, F.; RENZI, P. Ultradian rhythms of reaction times in performance in vigilance tasks. **Biological Psychology**, v. 39, p. 159-172, 1995.

COULL, J.T. et al. Functional anatomy of the attentional modulation of time estimation. **Science**, v. 303, p. 1506-1508, 2004.

DRAKE, C.; JONES, M.R.; BARUCH, C. The development of rhythmic attending in auditory sequences: attunement, referent period, focal attending. **Cognition**, v. 77, p. 251-288, 2000.

DRAKE, C; BEN EL HENI; J. Synchronizing with Music: intercultural differences. **Ann. N.Y. Acad. Sci.**, v. 999, p. 429-437, 2003.

DROIT-VOLET, S.; MECK, W.H. How emotions colour our perception of time. **TRENDS in Cognitive Sciences**, v.11, nº 12, p. 504-513, 2007.

FLACH, R. The transition from synchronization to continuation tapping. **Human Movement Science**, v. 24, p. 465-483, 2005.

FRAISSE, P. Rhythm and tempo. In: DEUTSCH, D. **The psychology of music**. New York: Academic Press, p. 149-180, 1982.

GIL, S.; DROIT-VOLET, S. Time perception, depression and sadness. **Behavioral Processes**, v. 80, p. 169-176, 2009.

GROSS, J. et al. Anticipatory control of long-range phase synchronization. **European Journal of Neuroscience**, v. 24, p. 2057-2060, 2006.

HANDEL, S. **Listening: an introduction to the perception of auditory events**. Cambridge: The MIT Press, 1993.

IVRY, R.B. et al. The cerebellum and event timing. **Ann. N.Y. Acad. Sci.**, vol. 978, p. 302-317, 2002.

JANTZEN, K.J. et al. Brain networks underlying human timing behavior influenced by prior context. **The National Academy of Sciences of the USA**, nº 17, p. 6818-6820, 2004.

JANTZEN, K.J. et al. Functional MRI reveals the existence of modality and coordination-dependent timing networks. **NeuroImagem**, nº 25, p. 1031-1042, 2005.

JANTZEN, K.J. et al. A parametric fMRI investigation of context effects in sensorimotor timing and coordination. **Neuropsychologia**, v. 45, p. 673-684, 2007.

KANDEL, E. et al. **Princípios da Neurociência**. 4ª Ed. São Paulo: Manole, 2003.

KATO, M.; KONISHI, Y. Auditory dominance in the error correction process: a synchronized tapping study. **Brain Research**, v. 1084, p. 115-122, 2006.

KURIYAMA, K. et al. Diurnal fluctuation of time perception under 30-h sustained wakefulness. **Neuroscience Research**, v. 53, p. 123-128, 2005.

LEWIS, P.A. et al. Brain activity correlates differentially with increasing temporal complexity of rhythms during initialization, synchronization, and continuation phases of paced finger tapping. **Neuropsychologia**, v. 42, p. 1301-1312, 2004.

MACAL, F.; COULL, J.; VIDAL, F. The supplementary motor area in motor and perceptual time processing: fMRI studies. **Cogn. Process**, v. 7, p. 89-94, 2006.

MACDOUGALL, H.G.; MOORE, S.T. Marching to the beat of the same drummer: the spontaneous tempo of human locomotion. **Journal Appl. Physiology**, v. 99, p. 1164–1173, 2005.

MADISON, G.; MERKER, B. Human sensorimotor tracking of continuous subliminal deviations from isochrony. **Neuroscience Letters**, v. 370, p. 69-73, 2004.

MAUK, M.D.; BUONOMANO, D.V. The neural basis of temporal processing. **Annu. Rev. Neurosci.**, v. 27, p. 307-340, 2004.

MCAULEY, J.D. et al. The time of our lives: life span development of timing and event tracking. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 135, n° 3, 348–367, 2006.

MECK, W.H.; CHURCH, R.M. A mode control model of counting and timing processes. **J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Process**, v. 9, n° 3, p. 320-334, 1983.

MÜLLER, K. et al. Inter- versus intramodal integration in sensorimotor synchronization: a combined behavioral and magnetoencephalographic study. **Exp. Brain Res.**, v. 185, p. 309-318, 2008.

MURATA, J. et al. Effects of mental stress on cardiac and motor rhythms. **Journal of the Autonomic Nervous System**, v. 751999, p. 32–37, 1999.

PATEL, A.D. et al. The influence of metricality and modality on synchronization with a beat. **Exp. Brain Res.**, v. 163, p. 226-238, 2005.

POLLOK, B.; GROSS, J.; SCHNITZLER, A. How the brain controls repetitive finger movements. **Journal of Physiology**, v. 99, p. 8-13, 2006;

Posner, M.I. Orienting of attention. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 32, p. 3–25, 1980.

POUTHAS, V., PERBAL, S. Time perception depends on accurate clock mechanisms as well as unimpaired attention and memory process. **Acta Neurobiol Exp.**, n 64, p. 367-385, 2004.

RANVAUD, R.; JANZEN, T.B. O tempo no mundo, na vida e no laboratório. **Revista USP**, v. 81, mar./abr./mai., 2009.

REPP. B.H. Processes underlying adaptation to tempo changes in sensorimotor synchronization. **Human Movement Science**, v. 20, p. 277-312, 2001.

_____. Comments on “Rapid motor adaptation to subliminal frequency shifts during syncopated rhythmic sensorimotor synchronization” by Michael H. Thaut and Gary P. Kenyon (*Human Movement Science* 22 [2003] 321-338). **Human Movement Science**, v. 23, p. 61-77, 2004.

_____. Sensorimotor synchronization: a review of the tapping literature. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 12, n. 6, p. 969-992, 2005.

_____. Rate limits of sensorimotor synchronization. **Advances in Cognitive Psychology**, v. 2, n. 2-3, p. 161-181, 2006.

REPP, B.H.; KELLER, P.E. Adaptation to tempo changes in sensorimotor synchronization: effects of intention, attention, and awareness. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A**, v. 57, n° 3, p. 499-521, 2004.

REPP, B.H.; PENEL, A. Rhythmic movement is attracted more strongly to auditory than to visual rhythms. **Psychological Research**, v. 68, p. 252-270, 2004.

RIJIN, H. van; TAATGEN, N.A. Timing of multiple overlapping intervals: how many clocks do we have? **Acta Psychologica**, v. 129, p. 365-375, 2008.

SCHNEIDER, W. et al. **E-Prime user's guide**. Pittsburgh: Psychology Software Tools Inc., 2002.

SONUGA-BARKE, E.J.S.; CASTELLANOS, F.X. Spontaneous attentional fluctuations in impaired states and pathological conditions: a neurobiological hypothesis. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 31, p. 977-986, 2007.

STENNEKEN, P. et al. The effect of sensory feedback on the timing of movements: evidence from deafferented patients. **Brain Research**, v. 1084, p. 123-131, 2006.

STETSON, C.; FIESTA, M.P.; EAGLEMAN, D.M. Does time really slow down during a frightening event? **PLoS ONE**, v. 2, n° 12, p. e1295, 2007.

TECCHIO, F. et al. Conscious and preconscious adaptation to rhythmic auditory stimuli: a magnetoencephalographic study of human brain responses. **Exp. Brain Res.**, v. 135, p. 222-230, 2000.

THAUT, M.H.; MILLER, R.A.; SCHAUER, L.M. Multiple synchronization strategies in rhythmic sensorimotor tasks: phase vs period correction. **Biological Cybernetics**, v. 79, p. 241-250, 1998.

THAUT, M.H.; TIAN, B.; AZIMI-SADJADI, M.R. Rhythmic finger tapping to cosine-wave modulated metronome sequences: evidence of subliminal entrainment. **Human Movement Science**, v. 17, p. 839-863, 1998.

THAUT, M.H.; DEMARTIN, M.; SANES, J.N. Brain networks for integrative rhythm formation. **PLoS ONE**, v. 3, n° 5, p. e2312, 2008.

THOMPSON, W.F. **Music, thought and feeling**: understanding the psychology of music. New York: Oxford University Press, 2009, 311 p.

TREISMAN, M. Temporal discrimination and the indifference interval: implications for a model of the “internal clock”. **Psychol. Monogr.**, vol. 77, nº 13, p. 01-31, 1963.

WALLISCH, P. An odd sense of timing. **Scientific American Mind**, p. 37-43, feb./mar. 2008.

WEARDEN, J.H.; PENTON-VOAK, I.S. Feeling the heat: body temperature and the rate of subjective time, Revisited, **The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section B**, v. 48, nº 2, p. 129-141, 1995.

WEARDEN, J.H.; EDWARDS, H.; FAKHRI, M.; PERCIVAL, A. Why “sounds are judged than lights”: application of a model of the internal clock in humans. **The Quarterly Journal of Exp. Psychology Section B**, nº 51, p. 97-120, 1998.

ZATORRE, R.J.; CHEN, J.L.; PENHUNE, V.B. When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production. **Neuroscience**, v. 8, p. 547-558, 2007.

Anexo A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



Universidade de São Paulo
Instituto de Psicologia
Neurociências e Comportamento

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

ESTUDO: Análise psicofísica da influência do contexto sensorial na percepção do tempo

Você está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa “**Análise psicofísica da influência do contexto sensorial na percepção de tempo**” que tem por objetivo investigar a influências das modalidades sensoriais auditiva e visual na produção e percepção do tempo em tarefas de sincronização e contratempo de seqüências rítmicas. A tarefa neste experimento é bater o dedo de forma regular e precisa com estímulos sonoros e/ou auditivos, que será organizada em sete experimentos a serem realizado em duas sessões. Dados de precisão e erros serão analisados estatisticamente para verificar a hipótese de que existe alteração na precisão de tarefas de sincronização e contratempo da batida do dedo com estímulos auditivos e/ou estímulos visuais. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas se sinta à vontade para desistir a qualquer momento, se assim desejar; isso não causará nenhum prejuízo a você.

Eu, (inserir o nome, profissão, residente e domiciliado na)
....., portador da Cédula de identidade, RG
....., e inscrito no CPF/MF....., nascido(a) em ____ / ____ /____, abaixo assinado(a), concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) do estudo **Análise psicofísica da influência da modalidade sensorial na percepção de tempo**. Declaro que obtive todas as informações necessárias, bem como todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas.

Estou ciente que:

- I) A participação neste projeto **não** tem objetivo de me submeter a um tratamento médico-clínico-terapêutico, bem como não me acarretará qualquer despesa pecuniária com relação ao estudo;
- II) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação;
- III) A desistência não causará nenhum prejuízo à minha saúde ou bem estar físico. Não virá interferir no atendimento ou tratamento médico;
- IV) Os resultados obtidos durante este ensaio serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados;
- V) Caso eu desejar, poderei pessoalmente tomar conhecimento dos resultados, ao final desta pesquisa () Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.
() Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

VI) Concordo que o material poderá ser utilizado em outros projetos desde que autorizado pela Comissão de Ética deste Instituto e pelo responsável por esta pesquisa () Sim () Não

VII) Qualquer dúvida a respeito da pesquisa o senhor poderá entrar em contato com:

Pesquisadores: Thenille Braun Janzen. Av. Prof. Lineu Prestes, 1524, ICB – 1, sala 122, Cidade Universitária - São Paulo. Fone: 3091-7236

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do IPUSP: Av. Prof. Mello Moraes, 1721, Bloco F, sala 22, Cidade Universitária – São Paulo, SP – fone: (11) 3097-0529.

São Paulo, _____ de _____ de 2008.

.....
Assinatura

Thenille Braun Janzen

Anexo B – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Humana



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE PSICOLOGIA
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEPH-IP



Of.014-CEPH-IP - 10/03/2009

Senhor Professor,

O Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do IPUSP (CEPH-IP), em reunião de 02.03.2009 aprovou, conforme parecer anexo, o Projeto de Pesquisa nº 2008.009, intitulado "Análise psicofísica da influência do contexto sensorial na percepção do tempo" a ser desenvolvido por sua orientanda Thenille Braun Janzen, nível Mestrado, junto ao Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Comportamento do Instituto de Psicologia da USP.

Atenciosamente,


Prof. Dra. Ana Maria de Barros Aguirre
Coordenadora do CEPH-IP

Ilmo. Sr.
Prof. Ronald Dennis Ranvaud
Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Comportamento
Instituto de Psicologia da USP

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)