

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
CURSO DE LICENCIATURA EM DANÇA

Camila Costamilan Schlichting

**CONSIDERAÇÕES NEUROLÓGICAS SOBRE O RITMO NO SAPATEADO
AMERICANO**

Porto Alegre

2016

Camila Costamilan Schlichting

**CONSIDERAÇÕES NEUROLÓGICAS SOBRE O RITMO NO SAPATEADO
AMERICANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Dança da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do Grau de Licenciado em Dança.

Orientadora: Prof^a Ms. Izabela Lucchese Gavioli

Porto Alegre
2016

Camila Costamilan Schlichting

**CONSIDERAÇÕES NEUROLÓGICAS SOBRE O RITMO NO SAPATEADO
AMERICANO**

Conceito final:

Aprovado em de de

BANCA EXAMINADORA

Prof. - UFRGS

Orientadora – Prof. Ms. Izabela Lucchese Gavioli - UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram de alguma maneira para a conclusão desta trajetória. Em especial, à minha família e àqueles que incentivaram meus estudos, especificamente na área da dança:

À Escola de Ballet Karin Ruschel, especialmente Karin Ruschel, Fernanda Santos e Gabriela Santos, por me proporcionarem um ensino alicerçado em um trabalho feito com competência e amor; por sempre serem minha segunda casa. Sara e Karoline, obrigada por também serem parte essencial dessa longa e prazerosa trajetória que já completa 20 anos.

Ao Laboratório da Dança, de maneira especial à Isabel Willadino, imprescindível à continuidade desse caminho e exemplo de profissional da área. Obrigada pelo imenso incentivo e pela parceria formada ao longo dos anos.

Ao Grupo Laços, que renova minha esperança em uma dança feita com seriedade e muito carinho.

À minha orientadora, Izabela Lucchese Gavioli, pelo apoio incansável e sempre generoso, e por permitir que este trabalho tenha sido realizado com muito prazer e tranquilidade. Obrigada por ser um exemplo de pessoa e profissional.

Ao Leonardo Dias, pelo apoio e trocas valiosas ao longo da graduação, bem como ao meu irmão, Guilherme, pelas conversas sempre enriquecedoras.

EPÍGRAFE

“Por exemplo, alguns de nós estão estudando ativamente os estados cerebrais associados ao raciocínio moral, enquanto outros tentam descobrir o que faz o cérebro durante experiências estéticas. O intuito não é reduzir a ética ou a estética a circuitos cerebrais, mas explorar os fios que entrelaçam a neurobiologia à cultura. Hoje me sinto ainda mais esperançoso de que essa ponte aparentemente utópica possa tornar-se realidade, e otimista na ideia de que poderemos desfrutar seus benefícios sem ter de esperar mais um século.”

António R. Damásio

RESUMO

Este estudo aborda os achados neurocientíficos pertinentes à compreensão do Sapateado Americano. Para tanto, utiliza-se de revisão narrativa de literatura, uma vez que vale-se de pesquisas anteriormente realizadas relevantes ao tema. Inicialmente estabelecidas considerações neuroanatômicas e neurofuncionais, delimitamos os parâmetros perceptivos (intensidade, altura, contorno, duração ou ritmo, andamento, timbre, localização espacial e reverberação) e os chamados “conceitos mais elevados” (métrica, tonalidade, melodia e harmonia) na compreensão do processamento neurológico musical. Destacando o parâmetro ritmo, diferenciamos os ritmos métricos simples, métricos complexos e não métricos; compreendemos a relação entre ritmo e pulso musical, e o conceito de segregação funcional para a atribuição de importância neurofuncional no processamento do ritmo. As relações de controle motor dos membros inferiores e as similaridades dos efeitos do treinamento em músicos e bailarinos permite a analogia do sapateador com o músico que toca um instrumento. Afinal, vislumbramos formas de aplicação destes conhecimentos na docência do Sapateado Americano.

Palavras-chave: Sapateado Americano; Ritmo; Neurociência da Dança

ABSTRACT

This study addresses the neuroscientific findings pertinent to understanding the Tap dancing. It was performed through a narrative review of literature, valuing previous researches relevant to the topic. Initially, neuroanatomic and neurofunctional considerations were established; then we delimited the perceptual parameters (intensity, height, contour, duration or rhythm, tempo, timbre, spatial localization and reverberation) and the so-called "higher concepts" (metric, tonality, melody and harmony) of musical neurological processing. Highlighting the parameter rhythm, we distinguished the simple metric, complex metric and non metric rhythms. We approached the relation between rhythm and musical pulse, and the concept of functional segregation for the attribution of neurofunctional importance in rhythm processing. The motor control relationships of the lower limbs and the similarities of the training effects on musicians and dancers allowed the analogy of the tap dancer to the musician who plays an instrument. After all, we glimpsed ways of applying this knowledge in teaching the Tap dancing.

Keywords: Tap Dancing; Rhythm; Neuroscience of Dance

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Posição do indivíduo nas Figuras 2, 3 e 4.....	21
Figura 2 – Tálamo, hipotálamo e cerebelo.....	21
Figura 3 – Lobos cerebrais.....	22
Figura 4 – Córtex cerebral – vista lateral do hemisfério esquerdo.....	23
Figura 5 – Córtex cerebral – vista medial do hemisfério direito.....	24
Figura 6 – Homúnculo de Penfield.....	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 PROBLEMA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 Objetivo Geral.....	12
1.2.2 Objetivos Específicos.....	12
1.3 JUSTIFICATIVA.....	12
2 METODOLOGIA	14
2.1 CARACTERIZAÇÕES DA INVESTIGAÇÃO.....	15
2.2 PLANOS DE COLETA DE DADOS.....	15
2.2.1 Identificação das fontes.....	15
2.2.2 Localização das fontes.....	15
2.2.3 Compilação.....	16
2.2.3.1 Leitura exploratória.....	16
2.2.3.2 Leitura Seletiva.....	16
2.2.3.3 Leitura Analítica.....	16
2.2.3.4 Leitura Interpretativa.....	17
2.2.3.5 Análise de informações e redação final.....	17
3 REVISÃO NEUROANATÔMICA, NEUROFUNCIONAL E DELIMITAÇÃO DE CONCEITOS.....	18
3.1 BREVE HISTÓRICOS DO ESTUDO NEUROLÓGICO APLICADO À MÚSICA.....	18
3.1.1 Neuroanatomia.....	20
3.2 ESTUDOS FUNCIONAIS SOBRE O CÉREBRO.....	29
3.3 NEUROGÊNESE E PLASTICIDADE CEREBRAL.....	30
4 CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS E NEUROFUNCIONAIS ACERCA DO RITMO.....	33
4.1 O QUE É RITMO?.....	33
4.2 RITMO E SAPATEADO AMERICANO.....	35
4.3 SEGREGAÇÃO FUNCIONAL: POR QUE NEUROLOGICAMENTE PODEMOS ANALISAR O RITMO DE MANEIRA DISTINTA DOS DEMAIS PARÂMETROS DO SOM?.....	38

4.3.1 Relação entre ritmo e pulso musical.....	39
5 CONSIDERAÇÕES NEUROLÓGICAS A PARTIR DE BASES DO SAPATEADO AMERICANO.....	42
5.1 ANÁLISES DO PROCESSAMENTO RÍTMICO NO CÉREBRO: INDEPENDÊNCIA FUNCIONAL E RELAÇÃO COM O PULSO MUSICAL.....	42
5.2 DIFERENÇAS DE ATIVAÇÃO CEREBRAL ENTRE RITMOS MÉTRICOS E NÃO MÉTRICOS.....	45
5.3 MEMBROS INFERIORES E RELAÇÕES COM O RITMO NO SAPATEADO AMERICANO.....	48
5.4 EFEITOS DO TREINO MUSICAL DETECTADOS EM MÚSICOS E EM SAPATEADORES: ANALOGIAS POSSÍVEIS.....	51
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
7 GLOSSÁRIO.....	57
REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

Muito tem interessado aos estudiosos da música compreender o processamento musical no cérebro a fim de enriquecer sua prática musical e docente, possibilitando alicerçá-lo em bases neurocientíficas sólidas. Assim, hoje são em crescente número os estudos capazes de delinear certos conceitos básicos sobre a maneira com que o cérebro se comporta quando do fazer musical e de que mecanismos as habilidades musicais dependem para que se processem no cérebro humano (ILARI, 2003).

Com o avanço da tecnologia, os estudos cerebrais, especificamente em neuroimagem, têm sido cada vez mais aprofundados e detalhados, o que vem proporcionando um melhor entendimento a respeito da atividade neural durante o desempenho das mais diversas atividades humanas. Dessa maneira, estudos minuciosos são possibilitados, embora ainda careçam muito de aporte em custeio para que possam acontecer em maior escala e aumentar ainda mais as pesquisas realizadas na área (MACHADO, 1998).

O Sapateado Americano – gênero de dança em que executar células rítmicas com os sapatos é um dos principais objetivos da prática – relaciona-se diretamente com o fazer musical. Como percussionistas que são, os sapateadores também carecem da coordenação motora e do entendimento básico da estrutura musical para serem capazes de realizar as sequências rítmicas propostas pela modalidade.

O objetivo desse estudo é compreender a maneira pela qual o ritmo, essencial ao Sapateado Americano, é processado pelo cérebro, identificando-se regiões cerebrais cardinais ao entendimento rítmico e à execução desse gênero de dança.

O trabalho conterà um glossário com o objetivo de facilitar a compreensão do leitor sobre os termos da área médica presentes no trabalho, especificamente aqueles relacionados à neurologia. Os verbetes selecionados, para tanto, sempre que aparecerem pela primeira vez no texto, estarão sinalizados com um asterisco.

1.1 Problema

De que maneira podemos relacionar os movimentos ritmados do Sapateado Americano à atividade cerebral?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Compreender a maneira pela qual o ritmo, essencial ao Sapateado Americano, é processado pelo cérebro, identificando-se regiões cerebrais cardinais ao entendimento rítmico e à execução desse gênero de dança.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Delimitar os parâmetros perceptivos (intensidade, altura, contorno, duração (ritmo), andamento, timbre, localização espacial e reverberação) e os chamados “conceitos mais elevados” (métrica, tonalidade, melodia e harmonia) na compreensão do processamento neurológico musical;
- Diferenciar rítmicos métricos simples, métricos complexos e não métricos;
- Compreender a relação entre ritmo e pulso musical;
- Compreender o conceito de segregação funcional para a atribuição de importância neurofuncional no processamento do ritmo;
- Vislumbrar formas de aplicação destes conhecimentos na docência do Sapateado Americano.

1.3 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista a crescente pesquisa neurocientífica sobre o comportamento do cérebro quando do fazer musical, busca-se compreender de que maneira a prática de Sapateado Americano – dança percussiva que trabalha sequências rítmicas – se reflete na ativação das diferentes regiões cerebrais.

Elucidando-se algumas questões acerca do funcionamento cerebral quando realizadas essas atividades, pretende-se contribuir para a área do ensino da dança a partir do conhecimento dos processos neurológicos do aluno. Pretende-se, com o conhecimento adquirido, solidificar e aprimorar metodologias e práticas de ensino, respeitando a organicidade das trilhas de aprendizagem do aluno.

2 METODOLOGIA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

Este estudo constitui uma revisão narrativa de literatura, visando relacionar referências existentes na área da dança, neurociência e ciência do movimento. As revisões são indicadas para que pesquisadores iniciantes em determinado campo do conhecimento apropriem-se da evolução das teorias na área, compreendam diferentes contextos e suas abordagens metodológicas (VOSGERAU, 2014).

A revisão narrativa é caracterizada como uma publicação ampla, apropriada para descrever e discutir o desenvolvimento de um assunto, sob ponto de vista teórico ou contextual. Consiste em uma análise da literatura publicada em livros, artigos de revistas impressas e / ou eletrônicas na interpretação e análise crítica pessoal do autor (ROTHER, 2007). Situam-se na categoria de revisões de mapeamento (em contraposição à de avaliação e síntese), conceituadas como aquelas constituídas a partir de informação de ordem qualitativa, e que tem como finalidade central levantar indicadores que fornecem referências teóricas para novas pesquisas (VOSGERAU, 2014).

As outras formas de revisão – sistemática e integrativa - foram consideradas, neste momento, menos adequadas à abordagem proposta pela autora. A revisão sistemática, entre outras diferenças procedimentais, visa responder uma pergunta específica, costuma abarcar mais estudos experimentais e propõe intervenções. Nesse estudo, a abordagem será ampla, aceitando fontes bibliográficas de vários formatos científicos, e não proporá intervenção (ERCOLE, 2014).

A revisão integrativa, método que permite a síntese de resultados obtidos de diversos tipos de pesquisas, permite maior amplitude metodológica, mas também abrange em suas fases iniciais características de organização semelhantes às da revisão sistemática (ERCOLE, 2014). Portanto, não abarca o enfoque que utilizamos nesta revisão narrativa, onde a incipiência do estudo do tema e a escassez de publicações específicas na área prejudicariam uma revisão com formatos mais restritivos.

Finalmente, segundo Vosgerau:

É importante ressaltar que cada tipo de estudo possui uma finalidade específica, que não corresponde a uma hierarquização de qualidade e especificidade de sua aplicação. O acesso e a realização destes estudos podem contribuir sobremaneira na formação do pesquisador, pois, analisando o processo de realização das pesquisas levantadas, poderá desenvolver uma criticidade metodológica que poderá auxiliar na identificação de lacunas em sua própria pesquisa (VOSGERAU, 2014, p. 183).

Os procedimentos abaixo, ainda que demonstrem uma organização nos procedimentos que levaram à produção textual, não constituem elementos suficientes nem pretendidos para uma revisão sistemática, que não é, neste momento, o escopo da autora.

2.2 PLANO DE COLETA DE DADOS

Para a realização da pesquisa, adotou-se a metodologia segundo Gil (1991), seguindo os procedimentos de: identificação das fontes; localização das fontes; compilação; fichamento; análise e interpretação dos dados; e redação final.

2.2.1 Identificação das fontes

Esta etapa consistiu na busca por bibliografias em livros impressos e/ou eletrônicos, publicações científicas, artigos, teses, monografias, periódicos científicos, entre outros, encontradas nos seguintes bancos de dados: Scielo, MedLine, PubMed, LILACS, Google acadêmico, Periódico CAPES, Lume.

2.2.2 Localização das fontes

O material obtido foi pesquisado com as palavras-chave: neurociência + sapateado americano, *neuroscience + tap dance*, ritmo, *rhythm*, *rhythm + tap dance*.

No total, foram encontrados 32 artigos; desses, foram selecionados 8 estudos cujas palavras-chave se adequaram à pesquisa. Utilizou-se também a busca de referências em referência.

Como método de exclusão, utilizou-se o critério de textos em duplicata, estudos referentes a patologias e palavras-chave inadequadas para a pesquisa.

2.2.3 Compilação

Esta etapa consistiu na efetiva leitura dos materiais selecionados, para a identificação de informações, estabelecimento de relações e análise da consistência dos estudos. A compilação apresenta uma determinada sequência, sendo quatro etapas de leitura: exploratória, seletiva, analítica e interpretativa.

2.2.3.1 Leitura exploratória

Nesta etapa foi realizada a leitura rápida do material bibliográfico, tendo como objetivo a verificação da relevância das obras consultada à pesquisa. A leitura foi feita a partir dos títulos, índices, resumos e conclusões das bibliografias e dos artigos científicos. Com isso, se teve uma visão global do que há na literatura sobre o tema em questão, assim como a sua utilidade para a pesquisa.

2.2.3.2 Leitura Seletiva

Após a leitura exploratória, ocorreu a seleção, onde foram determinados os materiais que seriam interessantes à pesquisa. Esta leitura foi mais aprofundada que a exploratória.

2.2.3.3 Leitura Analítica

A leitura analítica foi feita a partir dos textos selecionados, com a finalidade de analisá-los, ordenando e sumarizando as informações contidas nas fontes, de forma que elas possibilitassem a obtenção de respostas ao problema da pesquisa. Os

textos em língua inglesa foram traduzidos de forma mais minuciosa e buscou-se o aprofundamento pertinente dos termos.

Nessa etapa, os textos passaram pelos seguintes procedimentos: leitura integral das bibliografias e dos artigos científicos selecionados, para que se tivesse uma visão do todo, fazendo o uso do dicionário quando necessário; identificação das ideias-chave, ou seja, seleção de palavras, frases e/ou parágrafos que sintetizavam as ideias mais significativas para o que se estava procurando; hierarquização das ideias, que foram organizadas seguindo uma ordem de importância, separando-as, em principais e secundárias; e, síntese das ideias, que consistiu em recompor o decomposto pela análise, eliminando o que era secundário e fixando o que era essencial para a solução do problema proposto.

2.2.3.4 Leitura Interpretativa

Esta foi a última etapa do processo de leitura das fontes bibliográficas. O objetivo foi de relacionar o que os autores afirmam em seus estudos com a questão de estudo proposta. Procurou-se conferir significados mais amplos aos resultados obtidos com a leitura analítica, indo além dos dados, através de outros conhecimentos já obtidos. A interpretação da leitura foi feita a partir da ligação dos dados com os conhecimentos significativos, originados de pesquisas empíricas ou de teorias aprovadas.

2.3 Análise de informações e redação final

O material consultado suscitou análises e reflexões que levaram à redação de um texto cujo objetivo se dirigisse sempre à resposta da questão de pesquisa. O texto redigido foi depurado em sucessivas leituras buscando-se a integração das informações expostas, a fluidez da linha de pensamento e evitando a redundância de conteúdos.

3 REVISÃO NEUROANATÔMICA, NEUROFUNCIONAL E DELIMITAÇÃO DE CONCEITOS

3.1 BREVE HISTÓRICO DO ESTUDO NEUROLÓGICO APLICADO À MÚSICA

Os estudos científicos sobre o cérebro são recentes – tiveram seu início no século XIX, e, desde então, tem avançado de maneira rápida e significativa (MORATO, 2000 *apud* ILARI, 2003, p. 8)¹. Alavancados pelo avanço tecnológico, hoje se utilizam de diversos recursos para proporcionar a análise do comportamento do cérebro durante o desempenho das mais diferentes atividades humanas. A fim de delinear proposições capazes de relacionar uma dança ritmada à sua atividade cerebral correspondente, é necessário que, inicialmente, sejam feitas algumas considerações gerais acerca da anatomia cerebral e de suas funções associadas.

O cérebro humano, a partir do diencefalo (SCHMIDEK; CANTOS, 2008), é dividido em dois hemisférios, o direito e o esquerdo, unidos, principalmente, pelo corpo caloso* (*corpus callosum*), (CARNEIRO, 2001 *apud* ILARI, 2003, p. 9)² de fundamental importância à conexão entre ambos (Figura 3) (livre tradução da autora). Embora idênticos em aparência, funcionalmente os dois hemisférios cerebrais apresentam diferenças entre si. Na maioria das pessoas, o hemisfério direito do cérebro comanda o lado esquerdo do corpo e o hemisfério esquerdo comanda o lado direito do corpo. O aprofundamento recente nos estudos neurofuncionais nos permite dizer que as funções de comando referentes a cada hemisfério cerebral, hoje, não são estanques como se pensava. Muito foi dito, no que tange às diferenças entre ambos, que as funções de comando exercidas por cada um dos dois lados do cérebro seriam distintas: de maneira geral, o hemisfério esquerdo – conhecido como dominante ou principal – se relacionaria à linguagem, ao raciocínio lógico, a determinados tipos de memória, ao cálculo, à análise e à resolução de problemas. O hemisfério direito, por sua vez, comandaria habilidades manuais não verbais, intuições, imaginação, sentimentos e síntese (CARDOSO, 2001; CARNEIRO, 2001 *apud* ILARI, 2003, p. 9).

1 MORATO, Edwiges. Neurolinguística. In: MUSSALIM, Fernanda; BENTES, Anna Christina (Ed.) **Introdução à linguística** 2. São Paulo: Cortez, p. 143-170, 2000.

2 CARNEIRO, Celeste. Lateralidade, percepção e cognição. **Cérebro e mente** [Revista eletrônica], 13, Universidade Estadual de Campinas, maio/jul. 2001.

Ao hemisfério cerebral direito foram, por muitos anos, atribuídas também as habilidades musicais. Em grande parte, deve-se esse fato à literatura médica do início dos anos 1900, que relacionava perdas musicais a lesões cerebrais no hemisfério direito do cérebro, o que pouco acontecia em relação ao esquerdo segundo os estudos experimentais da época, os quais eram baseados em remoção ou anestesia de um dos hemisférios cerebrais dos pacientes (SPRINGER; DEUTSCH, 1998 *apud* PEDERIVA; TRISTÃO, 2006, p. 86)³. Daí surge a conclusão – que acabou por perdurar no tempo - da dependência da habilidade musical ao hemisfério direito.

À época, foram removidos lobo temporal direito ou esquerdo de pacientes, e, enquanto a remoção do hemisfério direito gerava maior número de erros em testes de padrão melódico, timbre, sonoridade e duração de som, a remoção do hemisfério esquerdo não teria provocado o mesmo resultado – o que, provavelmente, gerou a ideia de que o hemisfério direito seria imprescindível às habilidades musicais, e, o esquerdo, não (SPRINGER; DEUTSCH, 1998 *apud* PEDERIVA; TRISTÃO, 2006, p. 86)⁴. Segundo Pederiva e Tristão (2006) também ocorreram pesquisas em pacientes que tiveram seu hemisfério cerebral direito anestesiado, a fim de verificar as consequências em suas habilidades musicais. Nessa oportunidade, foi percebido que os elementos rítmicos teriam sido preservados – diferentemente do canto, totalmente afetado e da capacidade melódica, parcialmente afetada. Entende-se que as habilidades musicais, então, não se concentram em apenas um hemisfério cerebral como muito foi dito. Os estudos de Levitin (2010) sobre arte e música sob a ótica da neurociência também sugerem que não exista essa separação que, até então, era sugerida: a música, assim como a arte, seriam processadas apenas no hemisfério direito do cérebro. Reitera-se, então, a ideia atual de que não se pode mais reduzir ao conceito de lateralização a atividade cerebral referente à ativação gerada pela arte no cérebro humano. Com o avanço dos estudos na área sabe-se que, embora haja essa divisão geral de habilidades ligadas a cada hemisfério cerebral, diferentes partes do cérebro são ativadas para que se realize uma única atividade.

3 SPRINGER, S.; DEUTSCH, G. **Cérebro esquerdo, cérebro direito**. São Paulo: Summus, 1998.

4 SPRINGER, S.; DEUTSCH, G. **Cérebro esquerdo, cérebro direito**. São Paulo: Summus, 1998.

3.1.1 Neuroanatomia

O cérebro humano é revestido por meninges* e protegido pelo crânio. Suas células são denominadas neurônios, cujos corpos celulares são compostos por núcleo (onde está o material genético representado pelo ácido desoxirribonucleico - DNA) e grande parte do citoplasma. Do corpo celular do neurônio partem seus axônios, por onde passa o impulso nervoso no mesmo sentido; e os dendritos, ramificações em que são recebidos os estímulos enviados àquela célula. Os corpos celulares localizam-se no encéfalo* e na medula espinhal, que fazem parte do sistema nervoso central (SNC), além de serem encontrados nos gânglios* (SCHMIDEK; CANTOS, 2008).

Os prolongamentos dessas células são conhecidos como nervos periféricos e estão projetados sobre segmentos corporais (tronco e membros). O sistema nervoso periférico (SNP) é composto desses nervos, além de contar com gânglios nervosos. No chamado tronco cerebral – que liga encéfalo e medula espinhal – encontramos bulbo, ponte e mesencéfalo, responsáveis por nossas funções internas básicas, como, por exemplo, a respiração. O cerebelo* (Figura 2) localiza-se próximo ao tronco cerebral, sendo fundamental à regulação de movimentos externos, como equilíbrio e coordenação. Acima do tronco cerebral encontramos o diencéfalo, do qual fazem parte o tálamo (Figura 2) e o hipotálamo (Figura 2). O tálamo destaca-se por sua relevância à interação do indivíduo com o mundo exterior, pois se relaciona diretamente com as informações advindas do ambiente externo que chegam aos sistemas sensoriais. Ordens complexas oriundas do SNC devem passar pelo tálamo, como por exemplo as dadas pelo córtex motor. Focalização da atenção e formação dos sistemas funcionais também são relacionados a essa estrutura (SCHMIDEK; CANTOS, 2008).

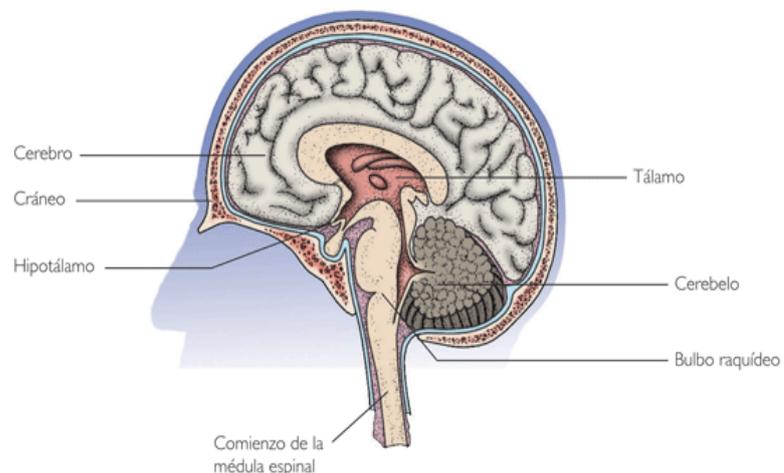
O cérebro conta com uma camada cinzenta que o reveste, denominada córtex cerebral; o córtex é considerado uma das partes mais importantes do cérebro, pois é a ele que se dirigem os impulsos percebidos pelas vias sensíveis, e é nele que esses impulsos tornam-se conscientes e são interpretados. É nele, também, que se originam os impulsos nervosos responsáveis por comandar movimentos voluntários, além de relacionar-se aos fenômenos psíquicos (MACHADO, 1998). Seus

neurônios, organizados em redes complexas, têm como funções atividades características específicas dos humanos – conhecidas como funções nervosas superiores, tais como linguagem, memória, planejamento de ações e raciocínio crítico (COSENZA; GUERRA, 2011). O córtex é composto pelo arqui ou paleocórtex, de origem mais antiga, compondo o sistema límbico, ligado basicamente às emoções; e pelo neocórtex, estrutura mais recente e que vem crescendo principalmente em primatas. É no neocórtex que se localizam as regiões funcionais do cérebro humano, sobre as quais discorreremos mais adiante (SCHMIDEK; CANTOS, 2008).

Figura 1 – Posição do indivíduo nas Figuras 2, 3, 4 e 5



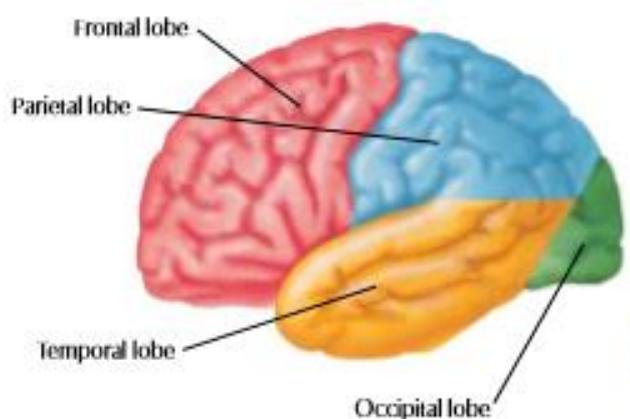
Figura 2 – Tálamo, hipotálamo e cerebelo



Fonte: IHMC Cmap Tools

O córtex cerebral é dividido em lobos, cujos nomes correspondem aos ossos do crânio que cobrem cada uma de suas partes. Como resultado dessa divisão, temos quatro lobos: parietal, occipital, temporal e frontal (COSENZA; GUERRA, 2011). Assim como ao falar-se em hemisférios cerebrais, aqui também podem ser feitas algumas generalizações acerca das funções desempenhadas por cada lobo cerebral, embora para compreensão da ativação cerebral seja necessário que não se reduza as análises a essas relações. A esse respeito, Machado (1998, p. 261) esclarece: “As localizações funcionais devem, no entanto, ser consideradas como especializações funcionais de determinadas áreas e não como compartimentos isolados e estanques.”, o que devemos ter sempre em vista quando buscarmos compreender os conceitos funcionais ligados ao cérebro humano (MACHADO, 1998). Quanto aos lobos cerebrais, de maneira geral, diz-se que o lobo parietal é associado à motricidade e à percepção espacial; o occipital, à visão; o temporal, à audição e à memória; e o frontal, ao planejamento, ao autocontrole e à “decodificação” aquilo que é recebido por meio dos sentidos (LEVITIN, 2010). Para uma melhor compreensão a respeito da localização dos lobos cerebrais, podemos observar abaixo (Figura 3) lobo parietal (*parietal lobe*), lobo occipital (*occipital lobe*), lobo temporal (*temporal lobe*) e lobo frontal (*frontal lobe*), respectivamente representados pelas cores azul, verde, amarelo e vermelho (livre tradução da autora):

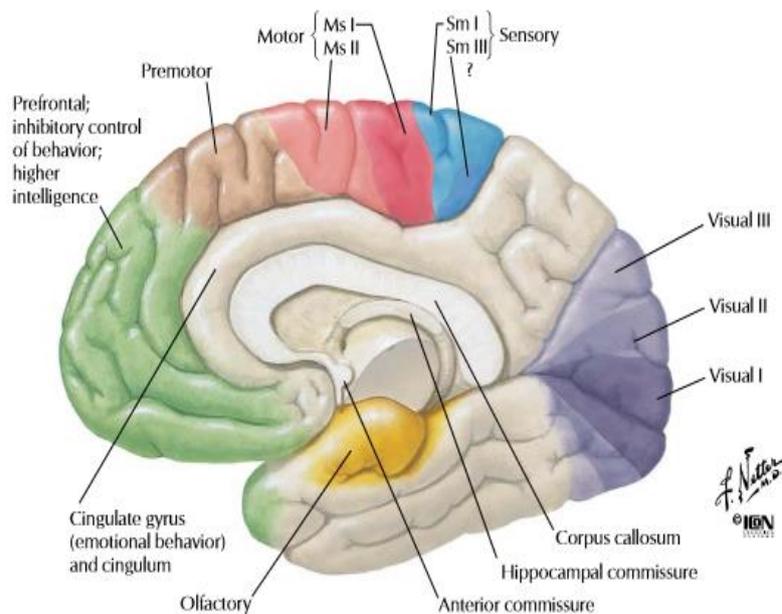
Figura 3 – Lobos cerebrais.



Fonte: HANSEN; KOEPPEN, 2004, p. 52.

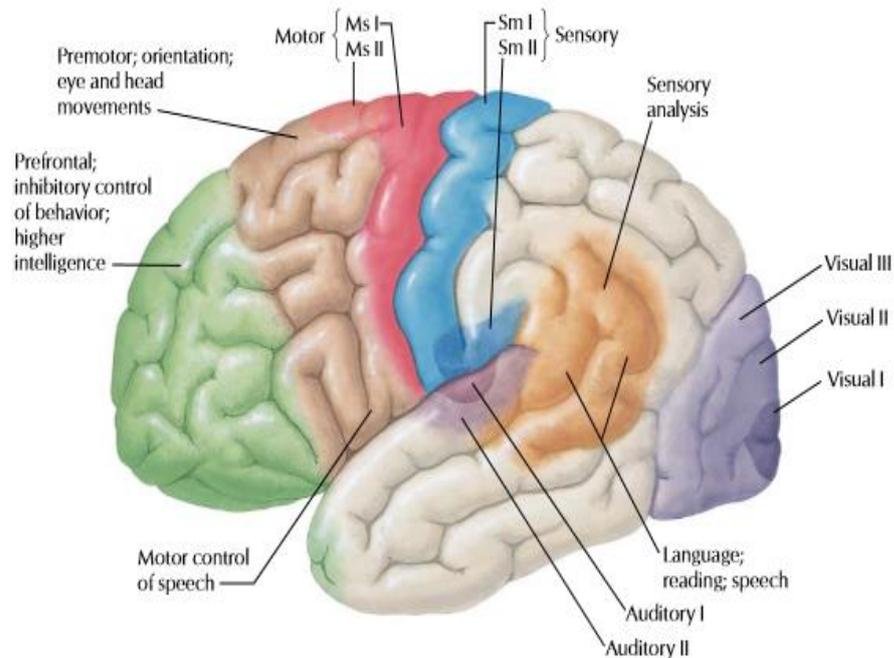
As áreas funcionais do córtex podem ser divididas em dois grandes grupos: áreas de projeção ou áreas primárias, consideradas aquelas que guardam relação direta com sensibilidade e motricidade – recebendo ou dando origem a essas fibras -, e áreas de associação, secundárias e terciárias, relacionadas a funções psíquicas complexas. A partir disso, sabe-se que lesões nas áreas de projeção podem gerar paralisias ou modificar a sensibilidade, enquanto alterações psíquicas podem ser causadas a partir de lesões em áreas de associação do córtex cerebral (MACHADO, 1998). Abaixo (Figuras 4 e 5), podemos visualizar, para uma melhor compreensão da matéria, as áreas funcionais do córtex:

Figura 4 – Córtex cerebral – vista lateral do hemisfério esquerdo



Fonte: HANSEN; KOEPPEN, 2004, p. 70.

Figura 5 – Córtex cerebral – vista medial do hemisfério direito

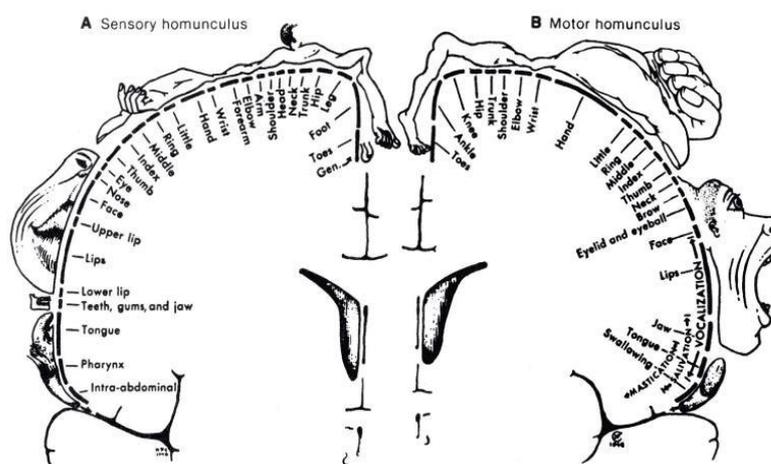


Fonte: HANSEN; KOEPPEN, 2004, p. 70.

As áreas primárias, conforme visto, são duas: *sensory* e *motor*, ou sensitiva e motora, respectivamente, representadas (Figura 4) pelas cores azul e vermelho (livre tradução da autora). A área sensitiva subdivide-se em somestésica, visual, auditiva, vestibular, olfatória e gustativa. Na área somestésica, responsável essencialmente pelas percepções táteis, chama a atenção o fato de que há correspondência entre partes do corpo e regiões desta área. Isso significa que a percepção tátil de diferentes partes do corpo acontece em diferentes locais da área sensitiva somestésica, contando com uma região específica destinada à percepção de cada uma dessas partes. Importante, também, a respeito dessa sensibilidade, é destacar que ela não acontece da mesma maneira em todas as partes do corpo, sendo maior ou menor de acordo com importância funcional para a biologia da espécie. Esse conceito é traduzido visualmente pelo “homúnculo sensitivo de

Penfield” (Figura 6), desenho bastante conhecido em que as partes do corpo são representadas de acordo com a sensibilidade a elas atribuída. Na área sensitiva somestésica, as áreas dedicadas às pernas, ao tronco e aos braços são próximas, localizando-se na mesma região; todas elas são pequenas, o que indica não haver grande sensibilidade. Nesse sentido, destaca-se a área das mãos, especialmente dos dedos, por ser muito representativa. A área motora também está representada na figura do “homúnculo motor de Penfield”, em que a extensão da representação cortical é proporcional à minuciosidade dos movimentos a serem realizados pelo local em questão (MACHADO, 1998).

Figura 6 – Homúnculo de Penfield



Fonte: DA SILVA, 2013, p. 173.

As áreas de associação secundárias, assim como as primárias, podem ser sensitivas ou motoras, e justapõem-se às primeiras. No caso das sensitivas, acontecem, via de regra, duas etapas quando, por exemplo, entramos em contato com um objeto. Primeiro, deverá ocorrer a sensação – em que toma-se consciência das características sensoriais do objeto, como sua forma e tamanho, e é de responsabilidade da área sensitiva de projeção (ou área primária). Depois, segue-se a interpretação, ou gnosia, momento em que essas características são comparadas ao conceito já existente na memória. Esta segunda fase deve-se às áreas de associação secundárias, que envolvem processos psíquicos de maior complexidade (MACHADO, 1998). As duas etapas ocorrem em áreas distintas, podendo ser afetadas separadamente, de modo que uma seja mantida enquanto a outra, não.

Enquanto uma lesão em uma área primária pode gerar surdez ou cegueira, se lesionada a área secundária, pode ocorrer a perda da capacidade de reconhecer algo, incapacidade denominada agnosia, podendo ser ela visual, auditiva ou somestésica. Há tipos específicos de agnosia em que símbolos visuais ou sonoros deixam, total ou parcialmente, de ser compreendidos, aos quais dá-se o nome de afasias. As áreas secundárias tem também, por característica, não serem simétricas, de maneira que lesões em um mesmo local do outro hemisfério cerebral geram diferentes manifestações. A lesão da área auditiva secundária no hemisfério esquerdo, por exemplo, leva a uma afasia* ligada à falta de compreensão de sons de uma linguagem, enquanto a mesma lesão no hemisfério direito deverá causar uma amusia*, ou seja, a dificuldade de compreender os sons musicais (MACHADO, 1998). O conhecimento dessa assimetria das áreas secundárias é de suma importância para que se compreendam as diferenças funcionais entre os hemisférios cerebrais.

As áreas de associação motora secundária relacionam-se à primária e estão ligadas ao planejamento das ações voluntárias. No caso de sofrerem lesão, causam apraxia, situação em que o indivíduo não consegue executar a sequência correta de movimentos para chegar a um fim, como acender um cigarro, por exemplo, embora não possua qualquer déficit motor. As áreas motoras secundárias são: área motora suplementar, área pré-motora e área de Broca. A área motora suplementar encontra relação com a concepção e planejamento de sequências complexas de movimento – como dos dedos, por exemplo. Uma curiosidade relevante quanto a essa área é a de que ela é ativada sozinha quando é pedido ao indivíduo que pense em determinada sequência complexa de movimento sem executá-la – via de regra, ela é ativada junto à área motora primária (MACHADO, 1998). Localizada adiante da área motora primária, no lobo frontal, está a área pré-motora. Exige correntes elétricas mais fortes para que gere movimento do que a área motora primária; envolve os grandes grupos musculares, como do tronco ou da base dos membros.

[...] a área pré-motora coloca o corpo, especialmente os membros, em uma postura básica preparatória para a realização de movimentos mais delicados, a cargo da musculatura distal dos membros. Existe também evidência de que participa do processo de programação de determinadas atividades, motoras, especialmente,

daqueles movimentos guiados por estímulos sensoriais externos.
(MACHADO, 1998, p. 270)

Por fim, temos a área de Broca no rol das áreas de associação motora secundária, a qual relaciona-se com a linguagem.

As áreas de associação terciárias, por sua vez, não relacionam-se com nenhuma modalidade sensorial, pois recebem essas informações já processadas pelas áreas secundárias, ocupando o topo da hierarquia funcional do córtex cerebral. São três as áreas de associação terciárias: área pré-frontal, temporoparietal e áreas límbicas. A área pré-frontal diz respeito à área não motora do lobo frontal, sendo essencialmente ligada a três funções: comportamento físico e social, manutenção da atenção (também dependente de outras áreas cerebrais) e controle do comportamento emocional. A área temporoparietal, por sua vez, está localizada entre as áreas secundárias auditiva, visual e somestésica, integrando as informações recebidas por essas três áreas. É importante à percepção espacial, permitindo ao indivíduo determinar as relações entre os objetos no espaço extrapessoal, além de proporcionar uma imagem das partes do próprio corpo, já tendo sido conhecida como área do esquema corporal. As áreas límbicas relacionam-se, principalmente, com memória e comportamento emocional (MACHADO, 1998).

Sabendo-se da assimetria funcional entre os dois hemisférios (assimetria apenas das áreas de associação), resta clara a grande importância da função desempenhada pelo corpo caloso no cérebro, que proporciona o fluxo de informações entre os dois hemisférios. Em estudos nos quais seccionou-se o corpo caloso, foi percebido, por exemplo, que os indivíduos tornaram-se incapazes de descrever objetos colocados em sua mão esquerda. Deve-se isso ao fato de que, nessa situação, os impulsos sensoriais capazes de perceber o objeto em nossa mão partem do lado direito do cérebro – que, devemos lembrar, comanda o lado oposto do corpo – para o lado esquerdo, onde localiza-se, geralmente, o centro da linguagem. Entretanto, quando seccionado, o corpo caloso deixou de estar apto a transmitir tal informação ao hemisfério esquerdo, resultando em situações nas quais os sujeitos não foram capazes de descrever tais objetos – embora, quando o objeto

tenha sido colocado em sua mão direita, tenham normalmente conseguido realizar tal descrição. Essa situação é perfeitamente explicável pelo fato de que essa sensação depende do hemisfério esquerdo e não depende do corpo caloso para conectar-se ao centro da linguagem. Em situações como essa, o sujeito não perde a capacidade de reconhecer o objeto sensitivamente, apenas de descrevê-lo, capacidade para a qual dependeria do centro da linguagem para ocorrer (MACHADO, 1998). O desempenho do corpo caloso na comunicação das informações neurais entre os dois hemisférios é, portanto, fundamental.

Contamos, também, com uma estrutura de grande relevância, denominada cerebelo. Anatomicamente, é composto por dois hemisférios e o vérmis cerebelar, estrutura localizada entre os hemisférios (MACHADO, 1998). O cerebelo é a região evolutivamente mais antiga do nosso cérebro (LEVITIN, 2010), ligado às emoções e planejamento de movimentos e, embora de maneira ainda controversa, a aprendizagem motora também é normalmente relacionada a essa estrutura. Uma de suas principais funções é a manutenção do equilíbrio e da postura, seja estática ou em movimento, tendo como responsáveis o arquicerebelo e a zona medial (vérmis) do cerebelo. Outra função fundamental desempenhada pelo cerebelo é o controle do tônus muscular, sob a tutela dos núcleos centrais, em especial o denteado e o interpósito. O controle dos movimentos voluntários – que reflete-se especialmente nas qualidades de força, extensão e direção do movimento – também é de responsabilidade do cerebelo, e divide-se em duas instâncias: planejamento e correção do movimento. Enquanto o movimento está sendo executado, planejamento e correção são realizados, respectivamente, pela zona lateral e zona intermédia da estrutura. A zona intermédia é responsável por fazer as correções necessárias a partir da comparação das características do movimento que está sendo executado com o plano motor (MACHADO, 1998). A capacidade plástica do cerebelo parece merecer destaque:

O cerebelo tem uma notável capacidade de recuperação funcional quando há lesões de seu córtex, particularmente em crianças ou quando as lesões aparecem gradualmente. Para isso concorre o fato de o seu córtex ter uma estrutura uniforme, permitindo que as áreas intactas assumam pouco a pouco as funções das áreas lesadas. Entretanto, a recuperação não ocorre quando as lesões atingem os núcleos centrais. (MACHADO, 1998, p. 227)

Pode ser percebido, então, que há capacidade de recuperação nas funções do cerebelo quando lesadas, exceto se atingidos os núcleos centrais. Interessante, também, assinalar a existência de diferentes graus de recuperação funcional referentes às estruturas cerebrais, destacando que, em casos como o do cerebelo, importa também saber qual de suas partes restou afetada para saber-se de sua possibilidade de restabelecimento funcional.

3.2 ESTUDOS FUNCIONAIS SOBRE O CÉREBRO

Os estudos funcionais sobre o cérebro - que hoje viabilizam, por exemplo, o entendimento de que não se pode atribuir funcionalmente a arte a apenas um hemisfério cerebral - devem-se, em grande parte, à evolução tecnológica, que proporciona maior grau de detalhamento e eficiência aos estudos destinados a detectar ativação cerebral. Para que se possa averiguar a ativação cerebral da maneira mais eficaz possível, as pesquisas atuais na área são feitas, basicamente, por meio de neuroimagem.

Para um melhor entendimento a respeito das formas possíveis pelas quais sejam feitos os exames de neuroimagem, eles podem ser divididos em observação direta e indireta. A observação direta pode ser feita de duas maneiras: sendo realizado um eletroencefalograma (EEG) – por meio do qual se consegue medir a atividade elétrica de neurônios, individualmente ou em alguma porção determinada – ou exame por magnetoencefalógrafo (MEG), capaz de detectar a atividade magnética resultante da atividade elétrica dos neurônios (ANDRADE, 2004).

Por sua vez, a observação indireta abarca a tomografia de emissão de pósitrons (PET), a qual é capaz de medir metabolicamente a atividade cerebral, e a ressonância magnética funcional. Ambos utilizam como parâmetro para a detecção de atividade cerebral o fluxo sanguíneo nas diferentes áreas cerebrais (ANDRADE, 2004). A tomografia de emissão de pósitrons consiste em injeção ou inalação de isótopos que se ligam à glicose, que é essencial ao funcionamento cerebral. A detecção das áreas ativadas no cérebro acontece por meio da emissão dos pósitrons durante a ativação. A tomografia de emissão de pósitrons é de grande utilidade ao avanço dos estudos em neuroanatomia funcional, embora sua

realização seja bastante limitada por conta do alto custo. Essa técnica permite que se perceba precisamente quais áreas cerebrais estão sendo ativadas durante diversas atividades humanas, em especial as áreas corticais. É aplicável para detectar-se a atividade em momentos nos quais a pessoa está sendo estimulada sensorialmente, planejando ou executando um ato motor (MACHADO, 1998). A ressonância magnética funcional também mede a atividade metabólica cerebral por meio da medição do fluxo sanguíneo nas diferentes áreas cerebrais, detectando, dessa maneira, a atividade neuronal que está ocorrendo naquele momento (ANDRADE, 2004). Tanto a ressonância magnética funcional como a PET, são técnicas de alto custo, o que dificulta a realização mais frequente desses estudos (MACHADO, 1998).

Estudos também capazes de contribuir para a área são aqueles feitos em indivíduos com lesões cerebrais. Embora não tão detalhados e específicos quanto aqueles feitos por meio de neuroimagem, esses são capazes de corroborar algumas informações adquiridas mais recentemente e contribuir para que compreendamos de que maneira o cérebro se comporta quando ocorrem essas lesões e de que modo ele é capaz de se adaptar à sua nova realidade, capacidade denominada plasticidade cerebral (SCHMIDEK; CANTOS, 2008).

3.3 NEUROGÊNESE E PLASTICIDADE CEREBRAL

A característica adaptável do cérebro faz parte de um conhecimento moderno em relação aos estudos cerebrais, uma vez que, embora no ano de 1890 William James tenha inaugurado o conceito, seja recente sua exploração e aprofundamento. Durante o século XX acreditou-se na imutabilidade do cérebro após a infância em suas áreas inferiores e neocorticais, porém, hoje sabe-se da capacidade das células nervosas (glia* – elementos celulares não neurais presentes no sistema nervoso – e neurônios) gerarem novos aprendizados por meio de mudança em suas conexões. Antigas conexões feitas podem ser removidas ou fortalecidas, assim como novas conexões também podem ser formadas. Há, também, a possibilidade de serem geradas novas células no cérebro. A esta capacidade – da qual dispomos ao longo de toda a vida -, denominamos neurogênese* (FLOR; CARVALHO, 2012).

A aceitação da ideia de neurogênese permanente é ainda muito recente, embora diversas pesquisas venham sendo realizadas comprovando sua ocorrência. Acreditou-se, por muitos anos, ser impossível que o cérebro fosse capaz de gerar novos neurônios ao longo de todos os anos da vida. Embora em pequena proporção em relação aos neurônios já existentes, sabe-se, hoje, dessa capacidade de serem geradas novas células cerebrais em mamíferos adultos (KANDRATAVICIUS *et al.*, 2007). Sabe-se, assim, que comportamento e cognição podem ser modificados de acordo com a experiência do indivíduo (FLOR; CARVALHO, 2012). As possibilidades de ocorrência de neurogênese parecem não serem as mesmas para todas as regiões cerebrais segundo Flor e Carvalho (2012, p. 169): “Embora os cientistas ainda debatam a extensão e a finalidade de neurogênese no cérebro adulto, a pesquisa identificou determinadas áreas do cérebro onde é mais evidente.” Algumas áreas podem ser destacadas para a ocorrência de neurogênese, dentre elas, o cerebelo.

Além da capacidade do cérebro humano de permanecer gerando novas células ao longo da vida, há outro ponto fundamental para que se entenda a maneira pela qual o cérebro funciona, que é o modo com que as células nervosas se ligam. Para que seu funcionamento tenha êxito, há inúmeros mecanismos que são essenciais a esse processo. Neurotransmissores, por exemplo, são essenciais à transmissão de informações entre neurônios, ou, ainda, de neurônios a células musculares. Além dos neurotransmissores, que possuem um efeito mais pontual, também contamos com os neuromoduladores, com função semelhante, mas de efeito mais duradouro (SCHMIDEK; CANTOS, 2008). Ao cérebro é possibilitado, assim, aumentar o número de conexões entre os neurônios, sendo ainda mais determinante a quantidade de conexões feitas do que propriamente o número de neurônios que se possui (SCHMIDT, 2000 *apud* SCHMIDEK; CANTOS, 2008, p. 199)⁵. A partir dessas conexões é que são formadas as redes neuronais, onde o cérebro armazena suas informações. Assim, tal informação não depende apenas de um neurônio para permanecer no cérebro, mas de vários, de modo que, por meio da neurogênese, seja possível manter aquela memória, restabelecendo-se a conexão quando necessário. É por isso que, ao longo da vida, vamos acumulando cada vez

5 SCHMIDT, M. *Gorduras inteligentes*. São Paulo: Roca, 2000.

mais ramificações que substituem as células que vão degradando-se com o passar do tempo (SCHMIDEK; CANTOS, 2008).

A plasticidade cerebral, que é justamente essa capacidade do cérebro de modificar-se para buscar novas e melhores alternativas para seu próprio funcionamento, permite que áreas que haviam sido danificadas possam voltar a ser funcionais. Para que seja possível essa averiguação, tomografia computadorizada e tomografia por emissão de pósitrons são utilizadas. A estimulação cerebral à aprendizagem parece, também, fundamental para que a plasticidade cerebral aconteça (SCHMIDEK; CANTOS, 2008). Sobre esse funcionamento complexo e dinâmico:

É preciso também notar que o processo de interação entre os neurônios não é fixo, mesmo após o nosso desenvolvimento e maturação iniciais. Ao contrário, dada a plasticidade entre as conexões sinápticas e à ação variável de substâncias transmissoras e moduladoras, o cérebro deve ser entendido como um conjunto de sistemas funcionais altamente dinâmicos com amplas potencialidades de reajuste e até de recuperação. (SCHMIDEK; CANTOS, 2008, p. 201)

Podemos notar, assim, que o cérebro humano é extremamente complexo em seu funcionamento, e que, hoje, o entendimento é de que ele seja capaz de muitas transformações ao longo da vida. Formando redes e demandando diversas áreas a partir de sua necessidade e possibilidade, sua atuação é ainda muito investigada para as mais diversas atividades humanas. Necessária essa breve revisão acerca de sua anatomia, funções e discussões atuais para que seja possível averiguar-se, então, como ritmo e Sapateado Americano relacionam-se à atividade neurológica.

4 CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS E NEUROFUNCIONAIS ACERCA DO RITMO

4.1 O QUE É RITMO?

Para entendermos o que é o ritmo e, posteriormente, relacioná-lo ao Sapateado Americano, é necessário que sejam feitas algumas colocações iniciais a respeito da música. Especificamente, são essenciais, também a este tema, as considerações que se referem ao estudo neurocientífico da música.

Cabe, primeiramente, conhecermos quais as estruturas presentes em uma música. Existem elementos comuns a qualquer som, que devem ser citados para que se entenda de que maneira a música se estabelece. Esses elementos comuns a qualquer som, sob uma perspectiva neuropsicológica, são conhecidos como parâmetros perceptivos, e são eles: intensidade, altura, contorno, duração (ritmo), andamento, timbre, localização espacial e reverberação. Esses atributos, para fins de estudos científicos, podem ser encarados de maneira individualizada, significando dizer que seu estudo pode ocorrer de maneira unitária e separada dos demais. Por esse motivo, também podem ser chamados de dimensões, uma vez que apresentam universos distintos, possibilitando estudos segmentados. É por meio da combinação significativa dos atributos fundamentais que se faz possível a formação dos chamados “conceitos mais elevados”, quais sejam, métrica, tonalidade, melodia e harmonia (LEVITIN, 2010).

Podemos encontrar definições que contribuem para que se teçam algumas considerações acerca do que seria o ritmo. Para Levitin:

O ritmo diz respeito à duração de uma série de notas, assim como à maneira como se agrupam em unidades. Por exemplo, na “Canção do alfabeto”, também conhecida como “Twinkle, twinkle, little star”, as notas são equivalentes em duração nas letras A B C D E F G H I J K (com uma pausa de igual duração entre G e H), e as quatro letras seguintes são cantadas com metade da duração, ou duas vezes mais rápido L M N O. (LEVITIN, 2010, p. 25)

Devemos distinguir duas características fundamentais à compreensão do conceito trazido pelo autor. A primeira característica a ser observada refere-se à duração das notas e das pausas presentes na célula rítmica em questão. A segunda, aos agrupamentos feitos a partir da detecção das diferentes durações de notas e

suas pausas – no caso do exemplo acima, poderíamos formar, por exemplo, um bloco composto das letras e suas pausas “L, M, N, O”, pois contam com a metade da duração daquilo que vinha sendo apresentado na canção até então, interrompendo uma lógica para estabelecer outra.

Analisando-se a maneira com que o cérebro percebe o ritmo, parece que o início de cada nota ou do estímulo dado seja o aspecto mais importante a ser observado e identificado, e não propriamente a duração das notas executadas. Por isso, é indiferente ao reconhecimento de um ritmo que ele seja tocado com notas longas mais conectadas entre si ou curtas e mais esparsas. Sendo assim, é perfeitamente possível que o mesmo ritmo seja tocado e identificado tanto sendo dedilhado em uma guitarra, por exemplo, quanto por meio de notas longas de um violino (LEOW; GRAHN, 2014); o essencial à percepção do cérebro, ao cabo desta análise, parece, então ser a percepção de quando a próxima nota a ser tocada terá seu início.

Uma diferenciação importante a ser feita, para que melhor se compreenda o processamento do ritmo no cérebro humano, é entre ritmos métricos e não métricos. Embora nem todas as pesquisas de cunho neurológico sobre ritmo pareçam levar em consideração esse aspecto, parece importante trazer este conceito, pois contribui com relevantes elucidações que permitirão um melhor entendimento de pesquisas e estudos sobre ritmo e sua relação com o pulso musical. A partir dessa classificação, os ritmos podem ser métricos simples, métricos complexos ou não métricos (LEOW; GRAHN, 2014).

Os ritmos métricos simples são aqueles formados por sequências rítmicas compostas por intervalos cujas durações estejam relacionadas por razões inteiras (como 1:2:4, por exemplo), conhecidas por serem evidentes à percepção humana (como 440 para 1090 milissegundos). Esses ritmos também podem ser chamados de ritmos indutores do pulso, uma vez que indicam, de maneira clara, a existência de um pulso musical definido (LEOW; GRAHN, 2014). Para que se compreenda melhor o conceito de métrica, Levitin explica:

A métrica é criada por nosso cérebro por meios de extração de informações do ritmo e do volume e se refere à maneira como as notas são agrupadas no tempo. A métrica de uma valsa organiza os tons em grupos de três; a de uma marcha, em grupos de dois ou quatro. (LEVITIN, 2010, p. 24)

A partir dessa lógica de compreensão a respeito de determinados ritmos é que se pode perceber a principal característica atribuída aos ritmos métricos. O essencial, a esse respeito, parece ser a ideia de certa regularidade perceptível na estrutura métrica, de acordo com o agrupamento de que fazem parte dentro de seu contexto.

Bem diferente dos ritmos métricos simples (ou indutores do pulso) são aqueles que não apresentam pulso em evidência, conhecidos como ritmos não métricos. As razões entre os intervalos desse ritmo são complexas ou não inteiras, como 1:2:3:3:7. Nos ritmos não métricos pode, também, haver intervalos de durações bem diversas, aleatórias. Como a regularidade nos inícios desse ritmo não existe, não somos capazes de sentir o pulso, e, por isso, são ritmos não métricos. Entre os ritmos de métrica simples (que claramente induzem à percepção do pulso musical) e os ritmos não métricos (dos quais não se consegue extrair o pulso), há ritmos que parecem caracterizar-se por estar entre esses dois extremos, denominados ritmos de métrica complexa. Esses ritmos, assim como aqueles de métrica simples, também permitiriam a identificação do pulso; porém, de maneira menos clara. Os ritmos de métrica complexa contam com estrutura irregular, mas não tanto a ponto de impedir uma percepção métrica; devido à sua característica de maior irregularidade quando comparado ao ritmo métrico simples, é que torna-se maior a dificuldade para que o pulso possa ser percebido (LEOW; GRAHN, 2014).

4.2 RITMO E SAPATEADO AMERICANO

Além de se buscar entender conceitualmente o que é o ritmo, essencial que se tome conhecimento, também, a respeito de alguns mecanismos dos quais dependemos para que o ato de fazer música seja possível. Levitin ensina que:

Não é mera coincidência que o ato de fazer música exija o envolvimento coordenado e rítmico do corpo, assim como a transmissão de energia dos movimentos corporais para um

instrumento musical. No nível neural, tocar um instrumento exige a orquestração de regiões do nosso cérebro reptiliano primitivo – o cerebelo e o tronco cerebral -, bem como de sistemas cognitivos mais avançados, como o córtex motor (no lobo parietal) e as regiões ligadas ao planejamento em nossos lobos frontais, a parte mais avançada do cérebro. (LEVITIN, 2010, p. 67)

Levitin (2010) destaca que para fazer-se música, o corpo deve transmitir energia de seus movimentos a um instrumento, dependendo, para isso, que coordenação e ritmo corporais estejam em ação. O autor não discrimina instrumentos ou mesmo quais as partes do corpo que são demandadas para que o ato de fazer música seja concretizado. Perfeitamente dependente dessas mesmas premissas aplicáveis ao fazer musical a partir de tocar um instrumento, é o Sapateado Americano. Embora não seja denominado como um instrumento, o sapato específico utilizado para este gênero de dança produz um som. Este som não deve acontecer ao acaso, não deve estar subordinado a um movimento; ao contrário, é o som que é perseguido, e há técnicas para que ele seja executado da melhor maneira possível.

Para que se consiga fazer música – realizar uma performance musical – são exigidas habilidades motoras e aquelas ligadas à compreensão da música (PEDERIVA; TRISTÃO, 2006) – assim como no sapateado americano. Isso porque, para que se atinja a execução musical desejada, é necessário que movimentos muito precisos e específicos sejam realizados pelo músico. Seja percussivo, melódico ou harmônico – leia-se qualquer instrumento que se deseje tocar – será exigido que o indivíduo possua as habilidades motoras necessárias a essa execução. Embora com finalidade musical e não especificamente motora, esse fazer musical depende, absolutamente, de que as habilidades motoras estejam desenvolvidas para que a performance musical desejada possa vir a ocorrer com êxito, pois é a partir dessa movimentação que será possível obter os sons desejados.

A performance musical demanda, segundo Pederiva e Tristão (2006, p. 84), “[...] movimentos físicos extremamente complexos [...]”. Tanto as habilidades motoras são intensamente requisitadas para o fazer musical que, após os devidos treinos e ensaios, um pianista, por exemplo, executa movimentos que tornam-se, com essa

prática e memorização, quase involuntários. Conclui-se, então, que é por meio das habilidades motoras que será possível a execução do som pretendido.

Cabe acrescentar que, além de proporcionarem a performance musical, as habilidades motoras e de entendimento musical também compreendem novas possibilidades de resposta quando necessário, diante de diferentes estímulos – condição possível a partir da plasticidade cerebral (PEDERIVA; TRISTÃO, 2006). Essas novas possibilidades de resposta podem ser praticadas, no meio da dança e da música, em rodas de improviso, comuns tanto entre músicos e sapateadores, que por vezes, inclusive, improvisam juntos.

Sendo assim, é equiparável, para fins de estudos do ritmo e sua execução, o Sapateado Americano à performance musical, uma vez que é, em sua essência, uma dança que persegue um fazer musical, especificamente rítmico. Demanda habilidades motoras e de compreensão musical para viabilizar a execução de determinada célula rítmica – como seria exigido de um músico baterista, por exemplo. Ambos, em comum, possuem o fato de que são percussionistas em busca de uma performance musical, mas o sapateador o faz com os membros inferiores, o que lhe proporciona maior liberdade de movimentação de tronco e membros superiores – capazes de transformar sua música em dança.

Embora os registros históricos sejam modestos, o que sabe-se (BURKE, 1992) a respeito do surgimento do Sapateado Americano aponta para duelos rítmicos como viés principal do início da modalidade. Antes mesmo de a expressividade corporal vir a ser objeto de preocupação dos sapateadores, era a composição e execução de células rítmicas realizadas com os pés que guiavam os primeiros passos desse gênero de dança, o que aponta para uma importância fundamental dos membros inferiores do corpo ao Sapateado. Atualmente, embora coexistam diferentes abordagens, o Sapateado Americano parece, antes de mais nada, preocupar-se com fazer um ritmo – como tocar um instrumento de percussão com os pés – enquanto, ao mesmo tempo, procura não perder a proposta cênica de um corpo que toca mas também dança, duplo desafio a seus praticantes e que se reflete no estudo neurocientífico acerca dessa prática.

4.3 SEGREGAÇÃO FUNCIONAL: POR QUE NEUROLOGICAMENTE PODEMOS ANALISAR O RITMO DE MANEIRA DISTINTA DOS DEMAIS PARÂMETROS DO SOM?

Os parâmetros perceptivos do som, dentre os quais encontra-se o ritmo – sobre o qual recai o foco deste estudo -, guardam relação não somente com a estrutura musical. O conhecimento e diferenciação desses parâmetros são fundamentais para um estudo que tenha por objetivo analisar neurologicamente o processamento musical.

Os diferentes aspectos da música são tratados por diversas regiões neurais: o cérebro vale-se da segregação funcional para o processamento musical, utilizando um sistema de detectores cuja função é analisar determinados aspectos do sinal musical, como altura, andamento, timbre, etc. (LEVITIN, 2010, p. 100)

As evidências atuais apontam para um grau de segregação funcional (ZATORRE; PERETZ, 2005), e vão, portanto, ao encontro do conceito explicado acima por Levitin. Regiões neurais diferentes, então, são demandadas para que o processamento cerebral de cada parâmetro musical possa ocorrer. Essas descobertas do campo da neuropsicologia sobre a especificidade regional das funções permite-nos entender que, quando determinada área em um local específico do cérebro é danificada, certa função mental ou corporal pode ser perdida (LEVITIN, 2010).

Para que o processamento musical possa ser melhor entendido, podemos equiparar seu sistema funcional a qualquer outro sistema perceptivo. Nos sistemas de percepção em geral – assim como naquele responsável especificamente pela música no cérebro – são feitas representações de algo que é recebido. O estímulo que chega é segregado do todo que é recebido para que seja analisado em suas diversas dimensões (ZATORRE; PERETZ, 2005). O cérebro, assim, para conseguir processar da melhor maneira possível uma informação complexa, fragmenta aquilo que está chegando, de maneira que é capaz de trabalhar mais adequadamente com as informações recebidas.

Para além da segregação funcional que permite um estudo do ritmo de maneira isolada dos demais parâmetros do som, a abordagem neurocientífica do estudo do ritmo é bastante minuciosa, requerendo uma série de entendimentos bastante detalhados para que se compreenda o processamento rítmico no cérebro. Isso porque, conforme determinadas características daquilo que se ouve, o cérebro demandará diferentes regiões para o processamento, então, é fundamental que estabeleçamos parâmetros capazes de delimitar o conceito de ritmo sobre o qual trabalharemos adiante.

4.3.1 Relação entre ritmo e pulso musical

Zatorre e Peretz (2005) explicam que há duas diferentes relações com o tempo das quais devemos ter conhecimento para uma melhor compreensão a respeito do ritmo. A primeira delas seria a segmentação de uma sequência contínua em grupos temporais de eventos baseados em suas durações. A segunda, referente a uma regularidade temporal ou batida. (FRAISSE; 1982 *apud* ZATORRE; PERETZ, 2005, p. 94)⁶. No que tange à batida musical, sabe-se que leva à compreensão de uma organização métrica. Essa organização métrica tem por característica uma regularidade, a partir da qual nota-se uma periódica alternância entre batidas fortes e fracas de uma música (ZATORRE; PERETZ, 2005).

A grande importância em falar-se desses dois aspectos do ritmo é que parece haver diferença de processamento no cérebro entre ambos. Nesse contexto, Zatorre e Peretz (2005) dão um breve panorama das pesquisas na área, trazendo uma elucidação pertinente à análise do processamento do ritmo no cérebro, pois explicitam que para pesquisadores como Povel e Essens (1985), agrupamento e regularidade são concebidos como hierarquicamente organizados. Por outro lado, há estudiosos, como Drake (1998), Lerdhal e Jackendoff (1983) que entendem que existam distintos processamentos atribuídos a ambos.

Percebe-se claramente, então, que a percepção da batida, para certos autores, é indissociável das sequências rítmicas em seu processamento. Entretanto,

6 FRAISSE, Paul. Rhythm and tempo. In: (ED), Diana Deutsch. **The Psychology of Music**. London: Academic Press, 1982. p. 149-177.

apesar dessa diferença entre autores, Zarorre e Peretz (2005) dizem que as provas neuropsicológicas disponíveis atualmente tendem a apoiar o último ponto de vista, qual seja, o de que há dissociação funcional entre agrupamento de relações tempo/som e quando uma regularidade é demandada. Apoiando essa perspectiva, os estudos de Ibbotson e Morton⁷ (*apud* ZATORRE; PERETZ, 2005, p. 94) demonstraram que parece realmente haver essa dissociação funcional por meio de estudos que revelaram maior facilidade de os indivíduos realizarem um padrão rítmico com sua mão direita e a batida com a mão esquerda do que ao contrário – achado que sugere o processamento de pulso no hemisfério direito enquanto o hemisfério esquerdo estaria mais responsável pelos agrupamentos. Também ao encontro dessa ideia, estudos feitos por Fries e Swihart e Wilson, Pressing e Wales (*apud* ZATORRE; PERETZ, 2005, p. 95)⁸⁹ demonstraram que dois indivíduos com lesão cerebral no córtex auditivo temporal direito não eram mais capazes de tocar a batida ou gerar um pulso firme. Porém, estes mesmos indivíduos preservaram sua capacidade de identificar ou reproduzir sequência rítmica em tempo irregular, sugerindo, mais uma vez, independência funcional entre percepção de pulso e sequências rítmicas.

A respeito dessa diferença que parece haver entre o processamento neuronal de ritmos que dependem de marcação métrica daqueles que não dependem, os estudos neurofuncionais apontam exames de neuroimagem que sugerem que os ritmos métricos sejam processados de maneira diferente dos não métricos, envolvendo mecanismos diversos referentes à região frontal do cérebro e ao cerebelo (Sakai *et al.*, 1999 *apud* ZATORRE; PERETZ 2005, p. 95)¹⁰. Todos esses estudos citados pelo artigo usaram tarefas em que as pessoas deveriam fazer certas batidas. Em estudos que enfatizaram aspectos mais perceptivos do processamento temporal, também foram encontradas evidências que convergem para a dissociação funcional de pulso do agrupamento de sons. Foi percebido também que (LIÉGEOIS-

7 IBBOTSON, NR; MORTON, J. Rhythm and dominance. **Cognition**, v.9, n.9, p. 125-138, mai. 1981.

8 FRIES, W; SWIHART, A. A. Disturbance of rhythm sense following right hemisphere damage. **Neuropsychologia**, v. 28, 1990.

9 WILSON, S. J., PRESSING, J., WALES, R. J. Modelling rhythmic function in a musician poststroke. **Neuropsychologia**, v. 40, 2002.

10 SAKAI *et al.* Neural representation of a rhythm depends on its interval ratio. **The Journal of Neuroscience**, v. 19, n. 22, p. 10074-10081, nov. 1999.

CHAUVEL *et al.*, 1998 *apud* ZATORRE; PERETZ, 2005, p. 95)¹¹ pacientes submetidos a uma remoção do lobo temporal direito ou esquerdo continuaram capazes de discriminar padrões rítmicos normalmente, mas falharam na avaliação do metro depois de haver lesão na parte anterior do giro superior temporal direito. Por outro lado, perdas na capacidade de discriminação rítmica que dispensa avaliação da métrica também podem ser observadas em pacientes com dano cerebral depois de sofrerem lesão no hemisfério esquerdo (DI PIETRO *et al.*, 2004 *apud* ZATORRE; PERETZ, 2005, p. 95)¹². Assim, os dados são geralmente condizentes com as assimetrias observadas quando realizadas batidas com as mãos (IBBOTSON; MORTON, 1981 *apud* ZATORRE; PERETZ, 2005, p. 95)¹³, demonstrando ligação do hemisfério esquerdo para o agrupamento temporal (DI PIETRO *et al.*, 2004; VIGNOLO, 2003 *apud* ZATORRE; PERETZ, 2005, p. 95)¹⁴ e do hemisfério direito – especificamente córtex auditivo temporal direito - para o metro (LIÉGEOIS-CHAUVEL *et al.*, 1998; PENHUME; ZATORRE; FEINDEL, 1999; WILSON *et al.*, 2001 *apud* ZATORRE; PERETZ, 2005, p. 95)¹⁶¹⁷¹⁸

Podemos perceber, então, que, apesar do ritmo ser uma dimensão que pode ser analisada individualmente, há importantes distinções a serem feitas quando estudamos neurologicamente esse parâmetro musical. A análise de ritmos que dependam de um entendimento acerca do pulso em separado daqueles que independem é de grande importância quando nos propomos a pesquisar o processamento rítmico no cérebro, ainda que essa pareça ser uma distinção recente nos estudos da área. O ritmo merece, portanto, estudo pormenorizado, pois carece de entendimentos bastante detalhados para que sua abordagem neurológica seja viável.

11 LIÉGEOIS-CHAUVEL *et al.*. Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing. **Brain**, n. 121, p. 1853-1867, 1998.

12 DI PIETRO *et al.* Receptive amusia: temporal auditory deficit in a professional musician following a left temporo-parietal lesion. **Neuropsychologia**, v. 42, 2004.

13 IBBOTSON, NR; MORTON, J. Rhythm and dominance. **Cognition**, v.9, n.9, p. 125-138, mai. 1981.

14 DI PIETRO *et al.* Receptive amusia: temporal auditory deficit in a professional musician following a left temporo-parietal lesion. **Neuropsychologia**, v. 42, 2004.

15 VIGNOLO, L. A. Music agnosia and auditory agnosia: Dissociations in stroke patients. **Ann. NY Acad. Sci.**, n.999, p. 50-57, 2003.

16 LIÉGEOIS-CHAUVEL *et al.*. Contribution of different cortical areas in the temporal lobes to music processing. **Brain**, n. 121, p. 1853-1867, 1998.

17 PENHUME; V. B., ZATORRE, R. J., FEINDEL. The role of auditory cortex in retention of rhythmic patterns in patients with temporal-lobe removals including Heschl's gyrus. **Neuropsychologia**, V. 37, 1999.

18 WILSON, S. J., PRESSING, J., WALES, R. J. Modelling rhythmic function in a musician poststroke. **Neuropsychologia**, v. 40, 2002.

5 CONSIDERAÇÕES NEUROLÓGICAS A PARTIR DE BASES DO SAPATEADO AMERICANO

5.1 ANÁLISE DO PROCESSAMENTO RÍTMICO NO CÉREBRO: INDEPENDÊNCIA FUNCIONAL E RELAÇÃO COM O PULSO MUSICAL

Os estudos iniciais feitos na área já apontavam, genericamente, que a percepção de ritmo estivesse muito relacionada ao hemisfério cerebral esquerdo, embora as habilidades musicais, na época, de maneira geral, fossem atribuídas ao hemisfério direito. Springer e Deutch (1998) dizem que, em geral, os dados sugerem que o hemisfério direito esteja ligado a memória tonal, timbre, reconhecimento de melodias e intensidade, enquanto o hemisfério esquerdo estaria, por exemplo, ligado a questões como duração, ordem temporal, sequência e ritmo. Apesar de saber-se da complexidade do funcionamento cerebral, parece ainda atual relacionar-se o ritmo ao hemisfério cerebral esquerdo, embora não se possa reduzir este estudo apenas a essa afirmação. Quando discorre sobre a visão atual do cérebro, Muskat, Correia e Campos (2000, p. 72) atentam ao fato de que “de um modo geral, as funções musicais parecem ser complexas, múltiplas e de localizações assimétricas” - conforme anteriormente visto - e atribui, também, o processamento rítmico ao hemisfério cerebral esquerdo.

Entendemos, a partir do conceito de segregação funcional, que o ritmo pode ser estudado de maneira isolada das demais dimensões pertencentes ao som, uma vez que conta com processos neurais próprios e quase independentes (LEVITIN, 2010). Muszkat, Correia e Campos (2000) afirmam, nesse sentido, que recentes trabalhos baseados em neuroimagem sugerem que, tanto funcionalmente quanto anatomicamente, os parâmetros sonoros contam com certo grau de independência, o que corrobora as afirmações de Levitin (2010) e vai ao encontro de seu conceito de segregação funcional.

Por meio de estudos realizados em pacientes que sofreram lesões cerebrais, podemos estabelecer algumas relações iniciais entre a percepção dos diferentes parâmetros musicais e as estruturas ativadas – ou aquelas aparentemente desnecessárias - para que eles possam ser processados. Especialmente, o ritmo

deverá ser o foco desta análise, que também se utilizará de certas comparações pertinentes ao aprofundamento do tema.

De acordo com esses estudos, sabe-se, por exemplo, que o córtex temporal direito não parece ser essencial à percepção musical do ritmo. Isso porque (ROCHA; BOGGIO, 2013), tipicamente, os pacientes que apresentam lesão nesta área costumam manter a percepção rítmica. Porém, estes mesmos pacientes apresentam perdas na capacidade de perceber melodias, em estudos corroborados por outros feitos por meio de neuroimagem, que apontam para a importância do córtex temporal direito na percepção de melodias (ZATORRE; CHEN; PENHUME, 2007 *apud* ROCHA; BOGGIO, 2013)¹⁹. Além de proporcionar o entendimento de que o córtex temporal direito não apresenta importância essencial à percepção dos ritmos, mais uma vez, resta clara a dissociação no processamento de parâmetros básicos da música. Enquanto um deles necessita do córtex temporal direito, o outro não, o que, aparentemente, vai ao encontro da afirmação de que o ritmo depende da atuação do hemisfério esquerdo do cérebro.

Em estudo sobre a ativação gerada por parâmetros musicais houve teste para regularidade rítmica. Esse estudo apontou para a ativação das áreas frontais inferiores e a ínsula do hemisfério esquerdo, além de ativações na área de Broca, o que sugeriria importância dessa região cerebral ao processamento de sons sequenciais. (PLATEL *et al.*, 1997 *apud* MUSKAT, CORREIA; CAMPOS, 2000, p. 72)²⁰,

Ao encontro do conceito de segregação funcional, a partir do qual sabemos que podemos analisar separadamente o ritmo dos demais parâmetros do som, existem estudos a respeito da relação entre ritmo e pulso (também denominado metro):

O metro e o ritmo também aparecem duplamente dissociados nos estudos com lesões, de tal forma que pode ocorrer déficits no ritmo enquanto a percepção do metro permanece intacta, enquanto que prejuízos na percepção métrica, tais como a incapacidade de marcar o

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

20 PLATEL *et al.* The structural components of music perception: a functional anatomical study. **Brain**, n. 120, p. 229-243 1997.

ritmo ou perceber durações exatas dos eventos auditivos, ou mesmo de distinguir uma valsa ou uma marcha são frequentemente observados na presença da percepção e produção rítmicas relativamente intactas. (ANDRADE, 2004, p. 26)

Percepção métrica e rítmica aparecem, desse modo, dissociadas nos estudos atuais que observam o comportamento neurológico relacionado aos parâmetros musicais. A partir desse trecho, podemos entender que a percepção e a produção de células rítmicas independe da capacidade de se fazer uma marcação regular na música, como identificar diferenças entre uma valsa (ternária) e uma marcha (binária). A percepção de realizar uma marcação periódica simples é que parece estar prejudicada quando há perda do metro. Embora não abordada por essa pesquisa, a partir do conceito de ritmo métrico e ritmo não métrico, parece-nos que esse estudo focou-se em comparar a ativação de pulso e ritmos irregulares ou não métricos. Deve-se essa compreensão à dependência do ritmo métrico em relação ao pulso, uma vez que é impossível dissociar a ativação cerebral do processamento do ritmo métrico da ativação relativa ao pulso, conforme aprofundaremos adiante.

Ainda sobre a independência neuronal que diz respeito a ritmo e métrica, há uma espécie de amusia que está bastante relacionada a esses dois parâmetros musicais, pois segundo Andrade (2004, p. 26) “O modelo de amusia de Peretz sugere que a organização métrica se dá no hemisfério direito e os grupamentos temporais do ritmo são codificados no hemisfério esquerdo, ou no hemisfério contralateral ao da linguagem [...]”.

Tendo em vista a detecção dessa independência funcional, especificamente entre pulso (metro) e ritmo, há pesquisas que buscam relacionar as atividades motoras do lado direito do corpo à habilidade relacionada a parâmetros localizados no hemisfério esquerdo do cérebro – o qual comanda, normalmente, o lado direito do corpo. O contrário também é investigado: seriam os membros do lado esquerdo do corpo mais hábeis em realizar atividades geralmente associadas ao hemisfério cerebral direito? Janzen (2007) traz informações bastante importantes ao entendimento da dissociação de parâmetros musicais associadas aos dois lados do corpo:

Também têm sido realizadas pesquisas acerca das regiões cerebrais envolvidas no processamento do ritmo e do tempo. Ibbotson e Morton (*apud* JANZEN, 2007, p. 93)²¹ mostraram que a mão direita possui maior destreza para executar células rítmicas, enquanto a mão esquerda para o pulso. Isso sugere que o hemisfério direito processa a métrica enquanto os agrupamentos rítmicos são codificados no hemisfério esquerdo. (JANZEN, 2007, p. 93)

Além das pesquisas realizadas em pessoas com lesão cerebral, também foram realizadas pesquisas experimentais acerca da dissociação entre ritmo e pulso. Convergem no sentido de confirmar a dissociação suposta. A partir de uma “divisão” generalista em que ritmo depende do hemisfério esquerdo e pulso do direito, parece haver, também, diferença nas atividades de cada lado do corpo a partir dessa assimetria funcional dos hemisférios cerebrais. Aparentemente, a “proximidade” entre a área responsável por determinado parâmetro musical e o hemisfério que comandará a atividade, parece relevante. É possível aventar que quanto maior a distância, provavelmente mais tempo e mais redes neurais serão demandadas para que essa informação chegue com eficiência e rapidez ao seu destino. No caso de redes fracas ou pouco desenvolvidas, provável que a distância a ser percorrida tenha ainda maior impacto na qualidade final da informação em questão. Novas redes são formadas de acordo com o treino em determinada atividade; porém, quando não há esse treino, é de se imaginar que torne-se ainda mais complicado que uma informação sobre ritmo chegue no hemisfério direito, por exemplo. O caminho, se não estiver “facilitado” por essas redes – ou se não for treinado a fim de gerar novas – provavelmente terá muitos percalços, podendo fazer com que a informação não chegue da maneira desejada ao seu destino.

5.2 DIFERENÇAS DE ATIVAÇÃO CEREBRAL ENTRE RITMOS MÉTRICOS E NÃO-MÉTRICOS

Ritmo e pulso, por poderem ser analisados de maneira independente, contam com pesquisas realizadas na área neurológica analisando-os em separado. Porém, apesar de serem parâmetros perfeitamente dissociáveis para fins de estudo e de análise funcional no cérebro humano, parece haver uma intersecção de extrema relevância entre ritmo e pulso, pertinentes quando analisamos ativações

21 IBBOTSON, NR; MORTON, J. Rhythm and dominance. *Cognition*, v.9, n.9, p. 125-138, mai. 1981.

neurológicas relacionadas especificamente ao ritmo. Há ritmos que dependem do pulso para que sejam percebidos e executados. Indispensável fazer a diferenciação, portanto, entre estudos voltados a ritmos que exigem uma métrica (a partir de certa regularidade) e ritmos irregulares, pois essas características refletem-se na ativação cerebral. Sakai *et al.*, (apud PERETZ; ZATORRE, 2005, p. 95)²² demonstraram que ritmos métricos e não métricos são processados em diferentes regiões cerebrais. Foi constatado que pulso e tempo restaram afetados quando havia lesão no córtex auditivo direito, porém, discriminação e reprodução de sequências rítmicas irregulares mantiveram-se. Ainda, o papel do cerebelo na percepção do tempo, controle motor e sequências rítmicas foi apontado. (PERETZ; ZATORRE, 2005)

O córtex auditivo direito parece estar ligado à ideia de pulso da música, que guarda relação, segundo os dados, com um ritmo regular. Dentre as descobertas acerca de regiões cerebrais que contribuem para a compreensão do processamento do ritmo, figura a importância do cerebelo, citado por sua função na percepção de tempo, controle motor e reprodução de sequências rítmicas. Ainda sobre ritmos métricos e a influência do pulso, Estevão Andrade diz:

No tocante ao processamento temporal, embora essa noção seja consistente com os estudos com lesões e em indivíduos sadios, alguns estudos mostram déficits no ritmo em pacientes com lesões exclusivamente no hemisfério direito. Uma análise mais acurada que temos feito dos estudos com lesões e com imagens sugerem que déficits seletivos no ritmo, ou agrupamento temporal dos eventos auditivos, decorrem, na sua maioria, de lesões mais extensas do hemisfério esquerdo que alcançam áreas parietais e/ou frontais, enquanto que lesões confinadas aos lobos temporais, em qualquer um dos hemisférios, normalmente não geram déficits no ritmo mas sim na extração do metro ou pulso musical e, por isso, das durações exatas e dos ritmos métricos, principalmente lesões nas porções anteriores do lobo temporal direito. (ANDRADE, 2004, p. 26)

A primeira informação relevante que o trecho acima traz é a de que, embora haja estudos em contrário, a ideia majoritária é a de que o hemisfério esquerdo esteja, geralmente, responsável pelo ritmo (o trecho que parece referir-se aos ritmos não métricos). Áreas parietais e/ou frontais, localizadas neste hemisfério, são apontadas como relevantes a esse parâmetro sonoro. Lesões em quaisquer dos

22 SAKAI *et al.* Neural representation of a rhythm depends on its interval ratio. **The Journal of Neuroscience**, v. 19, n. 22, p. 10074-10081, nov. 1999.

lobos temporais parecem ser irrelevantes ao processamento rítmico no cérebro, exceto ao falar-se em ritmos métricos. A segunda informação de grande relevância trazida pelo autor é a aparente dependência da identificação do metro (ou pulso musical) dos lobos temporais (dos quais o ritmo que entendemos como irregular não depende), em especial, o lobo temporal direito. O déficit cerebral na área responsável pelo pulso musical, segundo o autor, interferiria na identificação de durações exatas e de ritmos métricos, ilustrando, justamente, essa diferença de ativação cerebral em ritmos métricos e ritmos não métricos.

Resta claro, desse modo, que uma das maneiras pelas quais pode-se investigar a atividade cerebral referente ao ritmo, é comparar a ativação cerebral gerada por ritmos métricos e ritmos não métricos. No caso dos ritmos métricos, sabe-se que estes costumam induzir à percepção do pulso. Como vimos, pulso e ritmo podem – e, no caso do trabalho presente, interessa-nos – ser analisados de maneira independente. Pertinentes, então, as pesquisas que, em separado, estudam a ativação cerebral de ritmos métricos e ritmos não métricos, uma vez que ritmos métricos tendem a proporcionar uma clara identificação do pulso, enquanto os ritmos não métricos pouco relacionam-se a este outro parâmetro.

Por meio de evidências acumuladas por essas pesquisas, sabe-se que para a percepção do pulso há algumas estruturas cerebrais que são ativadas, destacando-se gânglios basais, área motora suplementar e córtex pré-motor como estruturas envolvidas para atingir esse fim (GRAHN; BRETT, 2007; CHEN, PENHUME, ZATORRE, 2008; TEKI *et al.*, 2011; SCHUBOTZ; VON CRAMON, 2001; *apud* LEOW; GRAHN, 2014, p. 328)²³²⁴²⁵²⁶ Os estudos com ritmos indutores do pulso, além dos gânglios basais, também parecem demandar atividade da área sensório-motora tanto para produção quanto para percepção (GRAHN; BRETT, 2007; GEISER; NOTTER; GABRIELI, 2012; TEKI *et al.*, 2011 *apud* LEOW; GRAHN, 2014,

23 GRAHN, J. A., BRETT, M. Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. **J Cogn Neurosci.** v. 19, p. 893–906, 2007.

24 CHEN; J. L. , PENHUME, V. B., ZATORRE, R. J. Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain. **Cereb Cortex.** v. 18, 2008.

25 TEKI et al. Distinct neural substrates of duration-based and beat-based auditory timing. **J Neurosci.** 2011.

26 SCHUBOTZ, R. I., VON CRAMON, D. Y. Interval and ordinal properties of sequences are associated with distinct premotor areas. v. 3, n. 11. **Cereb Cortex,** 2001.

p. 328)²⁷²⁸²⁹. Essa ativação relatada é maior para os ritmos indutores de pulso quando comparados aos sem pulso ou não métricos. O que também pode-se dizer é que a maior ou menor complexidade dos ritmos apresentados não interfere nessa ativação, mas, sim, efetivamente interessa a presença ou a ausência de pulso nos ritmos apresentados (GRAHN; BRETT, 2007, *apud* LEOW; GRAHN, 2014)³⁰. A diferença de ativação cerebral entre pesquisas com ritmos métricos e não métricos, em especial em relação aos gânglios basais, parecem ir no sentido da independência de atenção voltadas ao ritmo por parte dos sujeitos das pesquisas (ou a qualquer outro parâmetro musical estudado), sugerindo que essa atividade cerebral dos gânglios basais não seja influenciada por diferentes níveis de atenção apresentados pelos sujeitos (LEOW; GRAHN, 2014).

5.3 MEMBROS INFERIORES E RELAÇÕES COM O RITMO NO SAPATEADO AMERICANO

Além de informações que possam contribuir para compreendermos de que depende o ritmo para ser processado no cérebro, e, mais especificamente, tentarmos esboçar quais seriam as regiões cerebrais importantes ao Sapateado Americano, é inevitável que se fale no movimento de membros inferiores. Embora não especificamente sobre o gênero, há estudos capazes de colaborar no intuito de abordarmos neurologicamente o assunto. Quando cita algumas regiões importantes a certas atividades, Levitin enuncia:

Acompanhar o ritmo, seja com os pés ou apenas mentalmente, mobiliza os circuitos de regulação temporal do cerebelo. O ato de fazer música – seja com algum instrumento, cantando ou regendo – mais uma vez mobiliza os lobos frontais no planejamento do comportamento, assim como o córtex motor do lobo parietal, logo abaixo do alto da cabeça, e o córtex sensorial, que nos dá a resposta tátil, indicando que pressionamos a tecla certa do instrumento ou movemos a batuta na direção que pretendíamos. (LEVITIN, 2010, p. 100)

27 GRAHN, J. A., BRETT, M. Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. **J Cogn Neurosci**. v. 19, p. 893–906, 2007.

28 GEISER, E., NOTTER, M., GABRIELI, J. D. A corticostriatal neural system enhances auditory perception through temporal context processing. **J Neurosci**. 2012.

29 TEKI et al. Distinct neural substrates of duration-based and beat-based auditory timing. **J Neurosci**. 2011

30 GRAHN, J. A., BRETT, M. Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. **J Cogn Neurosci**. v. 19, p. 893–906, 2007.

A marcação de ritmo com os pés, segundo o autor, exige a ativação do cerebelo – especificamente, o circuito de regulação temporal. Lobos frontais atuam no planejamento das ações de tocar um instrumento (atividade à qual equiparamos a dança realizada com sapato do Sapateado Americano), bem como o córtex motor do lobo parietal. O córtex sensorial, por fim, parece ser responsável por dar uma resposta para que saibamos se realizamos tal movimento da maneira correta. No caso do Sapateado, por exemplo, saberemos que tocamos ou não o chão quando/como deveríamos ter tocado, a partir de uma sensação tátil. Há evidências em neuroimagem capazes de diferenciar a ativação cerebral em temporização relativa em comparação à absoluta. A temporização absoluta (um espaço de tempo dado, e não entre batidas como num ritmo ou marcação do pulso) relaciona-se, em certo consenso, segundo estudos recentes, à atividade do cerebelo; porém, a temporização relativa parece estar mais relacionada aos circuitos basais ganglio-tálamo-corticais (TEKI; GRUBE; GRIFFITHS, 2011 *apud* LEOW; GRAHN, 2014, p. 328)³¹.

Mais especificamente sobre a utilização dos membros inferiores do corpo humano em movimentos de dança, foi realizado um estudo tendo por base a movimentação em passos de tango. Esse estudo buscou, dentre diversos aspectos, compreender de que maneira refletia-se na ativação cerebral a execução de passos dessa dança em ritmos métricos e em ritmos não métricos, diferenciação pertinente, conforme visto. Tendo em vista que o andamento musical foi alterado durante a análise dos movimentos para ritmos irregulares e que aqui não pretendemos analisar tal parâmetro, utilizaremos apenas dos dados obtidos a partir de movimentos realizados metricamente nesta pesquisa.

Um resultado de extrema relevância dessa pesquisa é o contraste percebido entre passos de dança treinados com ritmo métrico e os mesmos passos treinados com ritmo não métrico. Para que a dança métrica seja realizada, é demandada forte atividade bilateral do putâmen, especialmente do putâmen direito, bem como os gânglios basais no controle do movimento métrico em tarefas de batida rítmica (RAO *et al.*, 1997; PENHUME *et al.*, 1998 *apud* BROWN; MARTINEZ;

31 TEKI, S., GRUBE, M., GRIFFITHS, T.D. A unified model of time perception accounts for duration-based and beatbased timing mechanisms. **Front Integr Neurosci.** 2011.

PARSONS, 2005, p. 1164)³² e em performance de piano de peças anteriormente memorizadas (PARSONS *et al.*, 2005 *apud* BROWN; MARTINEZ; PARSONS, 2005, p. 1164)³³ são ativados. O envolvimento no putâmen no movimento métrico é corroborado por um estudo de ressonância magnética funcional da flexão e extensão do pé direito com deixa métrica visual (SAHYOUN *et al.*, 2004 *apud* BROWN; MARTINEZ; PARSONS, 2005, p. 1164)³⁴, pesquisa em que o tálamo foi bastante menos ativado do que o putâmen.

Um estudo com as mesmas características foi realizado por meio de tomografia de emissão de pósitrons (EHRSSON *et al.*, 2000 *apud* BROWN; MARTINEZ; PARSONS, 2005, p. 1164)³⁵, em que a atividade identificada por parte do putâmen é confirmada, enquanto a do tálamo não foi relatada como tendo ocorrido. A dança não métrica, em contraste, não mostrou atividade no putâmen, mas, ao invés disso, mostrou um forte sinal no tálamo ventral direito. Uma variedade de pesquisas anteriores percebe atividade dos gânglios basais no controle do movimento métrico em tarefas de batida rítmica, especificamente.

De forma geral, a atividade mútua entre o putâmen e o tálamo ventral recém descrita, sugere que, tanto para dança, quanto para movimentos elementares os gânglios basais são preferencialmente ativados na execução de atividades motoras com ritmo regular e previsível. Padrões temporais desconhecidos e imprevisíveis recrutam outros caminhos. Isso é também condizente com um estudo feito a partir de ressonância magnética, o qual analisou uma batida autorritmada dos dedos (DHAMALA *et al.*, 2003 *apud* BROWN; MARTINEZ; PARSONS, 2005, p. 1164)³⁶. Este estudo demonstrou que os gânglios basais foram principalmente ativos na execução de ritmos simples. Sua atividade diminuiu conforme foi aumentada a complexidade rítmica. A ativação do tálamo – bem como do vérmis cerebelar anterior

32 RAO, Stephen M. et al. Distributed Neural Systems Underlying the Timing of Movements. **The Journal Of Neuroscience**. Albuquerque, n. 17, p. 5528-5535. jul. 1997.

33 PARSONS, Lawrence M. *et al.* The brain basis of piano performance. **Neuropsychologia**, [s.l.], v. 43, n. 2, p. 199-215, jan. 2005.

34 SAHYOUN, C. *et al.* Towards an understanding of gait control: brain activation during the anticipation, preparation, and execution of foot movements. **NeuroImage**. Oxford, p. 568-575. fev. 2004.

35 EHRSSON, H. Henrik et al. Simultaneous movements of upper and lower limbs are coordinated by motor representations that are shared by both limbs: a PET study. **European Journal Of Neuroscience**, [s.l.], v. 12, n. 9, p.3385-3398, set. 2000. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1460-9568.2000.00209.x>.

36 DHAMALA, Mukeshwar et al. Neural correlates of the complexity of rhythmic finger tapping. **Neuroimage**, [s.l.], v. 20, n. 2, p.918-926, out. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1053-8119\(03\)00304-5](http://dx.doi.org/10.1016/s1053-8119(03)00304-5)

-, foi intensificada com o aumento da complexidade rítmica. De maneira geral, além da importância dos gânglios basais à atividade de dança em ritmo métrico (especialmente os ritmos simples), esta pesquisa foi capaz de demonstrar que esta região também tem relevância quando se dança em ritmo métrico e busca-se a sincronização do movimento do corpo com a música.

5.4 EFEITOS DO TREINO MUSICAL DETECTADOS EM MÚSICOS E EM SAPATEADORES: ANALOGIAS POSSÍVEIS

A partir dos conceitos de plasticidade cerebral e neurogênese, sabe-se, hoje, que, de acordo com determinado treino, o cérebro tende a modificar-se e adaptar-se às suas necessidades. No caso de músicos, há exames de neuroimagem capazes de documentar uma modificação cerebral a partir de seus treinos que os difere de não-músicos. Para Muszkat, Correia e Campos (2000, p. 72): “[...] a lateralização das funções musicais pode ser diferente em músicos, comparado a indivíduos sem treinamento musical, que sugere um papel da música na chamada plasticidade cerebral.”. Segundo esses estudos atuais, córtex motor, cerebelo (LICURSI, 2014), córtex auditivo e corpo caloso anterior (ROCHA; BOGGIO, 2013), destacam-se no rol de áreas aumentadas em cérebros de músicos quando comparados aos de não músicos. Ainda sobre neuroplasticidade, há outros estudos que indicam que também pode ser um fator a influenciar essa modificação estrutural a idade em que iniciou-se o treino musical, embora não de maneira comprovada, uma vez que uma possível predisposição para essa alteração pudesse ser preexistente (ZATORRE; CHEN; PENHUME, 2007; SCHLAUG *et al.*, 1995 *apud* ROCHA; BOGGIO, 2013, p. 138)³⁷. O tempo de treino parece ser relevante nessa análise: (SCHLAUG *et al.*, 2009 *apud* ROCHA; BOGGIO, 2013, p. 138)³⁸ foi realizado um estudo com crianças entre 5 e 7 anos, a fim de compreender a correlação entre estudo musical e aumento do corpo caloso. As crianças foram divididas em três grupos, de maneira que o grupo controle não teve aulas de música, enquanto um dos grupos realizou a prática de instrumento musical de 1 a 2 horas na semana, e, o outro, de 2 a 5 horas. O estudo apontou que, antes dessa prática, as crianças não apresentavam diferenças entre o tamanho de

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

38 SCHLAUG, G. *et al.* Increased corpus calosum size in musicians. *Neuropsychologia*. v. 33, p. 1047-1055, 1995.

seus corpos calosos. Porém, após o estudo, foi detectado que havia diferenças estruturais entre os três grupos, sendo também significativa a quantidade de horas semanais praticadas por cada grupo, pois aquele com carga horária mais extensa de estudo apresentou um maior aumento de seu corpo caloso.

Um estudo semelhante a esse (HYDE et. al. *apud* ROCHA; BOGGIO, 2013, p. 138)³⁹ também é citado pelos autores. Nesse caso, foram analisados dois grupos de crianças por um período de 15 meses. Enquanto um dos grupos realizou aulas de instrumento musical, o outro fez aulas de musicalização. Entre ambos, foram encontradas, após o experimento, “diferenças em regiões como giro pré-central direito (área motora relacionada a movimento de mãos), corpo caloso e giro de Heschl (área auditiva primária). Esses estudos indicam uma forte possibilidade da indução da plasticidade cerebral por meio da música.”

Ilari (2003) ressalta o fato de que a atividade cerebral e lateralidade são influenciados quando há treino e estudo voltado à música. Aponta para uma interação maior entre ambos os hemisférios quando feita uma análise sobre o cérebro de um músico, que resultaria em maior número de conexões entre os dois. Embora Pederiva e Tristão (2006) indiquem uma ação bem específica e importante do hemisfério esquerdo na escuta analítica de músicos, ambos parecem estar em consonância quanto ao fato de que o hemisfério esquerdo parece aumentar sua atividade de acordo com o treino musical obtido por parte dos ouvintes. O aumento do corpo caloso – conexão entre os hemisférios – parece ser outro consenso entre os estudos da área.

Estevão Andrade aponta estudos que demonstrariam que a escuta analítica recrutaria áreas do hemisfério esquerdo não só em músicos, mas, também, em não músicos:

A audição analítica da música, tanto em indivíduos músicos e não músicos, parece recrutar áreas adicionais do hemisfério esquerdo, o que em músicos pode gerar uma lateralização esquerda mesmo na audição passiva, e induzir a estratégias cognitivas de natureza visuo-espacial mesmo em indivíduos não-músicos. (ANDRADE, 2004, p. 29)

39 HYDE K. L. *et al.* The effects of musical training on structural brain development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1169, p. 182-186, 2009.

Nota-se que, em músicos, essa lateralização pode ocorrer em momentos de audição passiva, demonstrando uma grande importância do hemisfério esquerdo na ativação cerebral de músicos. Essa escuta analítica parece, ainda, proporcionar um ganho visuo-espacial a quem a pratica (SCHMITHORST; WILKE, 2002 *apud* ANDRADE, 2004, p. 29)⁴⁰. Esse ganho estaria relacionado, também, ao aumento da área de Broca, pois a estrutura guarda relações com esses processos. Há evidências de incremento na área de Broca em músicos, e, além disso, também apresentam vantagens no desempenho de performance visuo-espaciais em relação a não músicos (SLUMING *et al.*, 2002 *apud* ANDRADE, 2004, p. 29)⁴¹.

Dentre outras, as habilidades espaciais parecem ser um ganho àqueles que praticam treinamento musical. A plasticidade cerebral demonstra-se, mais uma vez, presente quando o indivíduo sujeita-se à prática musical. Também o aumento do corpo caloso pode ser citado como exemplo dessa plasticidade cerebral em músicos. Há evidências de que, especificamente, sua parte mais frontal teria um aumento em suas conexões, o que pode indicar efeitos motores e cognitivos advindos do treinamento musical. (ANDRADE, 2004)

Parece também haver modificação na representação de nosso “homúnculo sensitivo” quando treino musical é feito. Elbert⁴² (*apud* Rocha e Boggio, 2013, p. 138) realizou estudo que aponta para uma maior área de representação cerebral dos dedos da mão esquerda em violinistas profissionais. Entende-se que essa representação cerebral também pode ser alvo do processo de plasticidade cerebral, sendo modificada de acordo com a região ou membro corporal com que é feito determinado treino ao longo da vida.

Não sabe-se, ainda, porém, se estes estudos feitos no cérebro de músicos são aplicáveis a sapateadores. Infelizmente, há carência de material que trate especificamente sobre o estudo musical feito por sapateadores em suas aulas de Sapateado Americano e o reflexo neurológico disso. Sabe-se que, geralmente, os

40 SCHMITHORST, V. J.; WILKE, M. Differences in the white matter architecture between musicians and non-musicians: a diffusion tensor imaging study. **Neurosci Lett.** p. 57-60. 2002.

41 SLUMING *et al.* Voxel-based morphometry reveals increased gray matter density in Broca's area in male symphony orchestra musicians. **Neuroimage**, v. 17, n. 3, p. 1612-1622, nov. 2002.

42 ELBERT, T. *et al.* Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. **Science**, [s.l.], v. 270, n. 5234, p.305-307, out. 1995.

sapateadores passam por uma musicalização que ocorre durante as aulas de sapateado, em que são motivados a explorar e conhecer melhor a música para enriquecer seu trabalho rítmico. Neste processo, muito são explorados, por exemplo, os parâmetros básicos da música, bem como costumam ser feitas diversas orientações verbais a respeito de pontos musicais importantes a serem observados durante as práticas. Contudo, não há pesquisas que deem conta de compreender se esse breve estudo musical pelo qual costumam passar os sapateadores surte efeitos semelhantes no cérebro humano a partir das possibilidades fornecidas pela plasticidade cerebral. Interessante, então, que se aprofundem as pesquisas na área; especialmente aquelas realizadas por meio de neuroimagem contribuiriam grandemente à compreensão neurológica voltada aos praticantes de Sapateado Americano.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto, pesquisas utilizando diferentes técnicas tem sido realizadas na área da neurociência, em especial relacionadas à música e/ou movimentos corporais ligados a ela. Esboçaram-se, a partir dos estudos disponíveis, certas ideias gerais sobre quais seriam as áreas cerebrais essenciais ao processamento do ritmo. Foi possível, também, perceber que há certas adaptações ocorridas no cérebro decorrentes de um estudo mais aprofundado em música. Ainda investigando essas pesquisas, coube adicionar as referentes ao movimento dançado em sua interação com a música – especialmente quanto ao parâmetro do ritmo –, pois parecem complementar este estudo. Pretendeu-se chegar mais próximo a um entendimento neurológico do processamento do ritmo e possíveis ativações e novas construções a partir da prática de Sapateado Americano.

A principal finalidade deste estudo foi compreender a maneira pela qual o ritmo, essencial ao Sapateado Americano, é processado pelo cérebro, identificando-se regiões cerebrais cardinais ao entendimento rítmico e à execução desse gênero de dança. De extrema importância, por exemplo, foi a detecção da diferença essencial entre ritmos não métricos e métricos, na medida em que os ritmos métricos dependem da marcação de pulso, enquanto os não métricos não dependem. Além de compreender mais claramente os processos do aluno, que podem ser bastante distintos para ritmos métricos e não métricos, também é de suma importância a oportunidade trazida por esse estudo de que se atente a relacionar, em sala de aula, o estudo de pulso ao de ritmos ligados a uma métrica. De nada adiantaria, por exemplo, saber que o aluno apresenta grande habilidade em marcar o pulso musical e presumir que ele tenha a mesma destreza em compreender ou reproduzir ritmos não métricos.

A partir de entendimentos sobre os processos neurais ligados ao ritmo, bem como a todos os outros parâmetros do som, as práticas docentes podem ser muito enriquecidas. Ao tomar-se conhecimento do conceito de segregação funcional, inevitável que se compreenda melhor que os alunos podem ter dificuldades e facilidades que, em um primeiro momento, podem parecer até mesmo contraditórias. Marcação do pulso, sob um olhar desavisado, pode parecer algo muito mais simples

do que uma marcação rítmica irregular; contudo, de acordo com esse estudo, sabemos que um aluno pode, de acordo as características individuais de seu cérebro, especialmente as ligadas às conexões estabelecidas, ter muito mais facilidade em reproduzir um ritmo não métrico do que realizar uma marcação de pulso.

Estudos mais bem direcionados às dificuldades dos alunos e às especificidades de cada parâmetro musical a ser estudado são os principais ganhos obtidos a partir do material analisado nessa pesquisa. Casos de alunos com déficits neurológicos ou que apresentem certa inabilidade em qualquer dos parâmetros do som possivelmente serão melhor solucionados por professores de Sapateado Americano com base nesta pesquisa. Propostas docentes de maior coerência e êxito podem vir a ser realizadas por professores de Sapateado Americano interessados em enriquecer seus processos docentes.

Da mesma maneira, muitos estudos voltados especificamente a ativações neurológicas pertinentes ao Sapateado Americano podem ser vislumbrados. Pesquisas neurológicas aplicadas à música estão em andamento, permitindo a obtenção de importantes dados que enriqueçam a prática; contudo, pesquisas voltadas essencialmente a este aspecto da dança são praticamente inexistentes e ainda extremamente recentes.

7 GLOSSÁRIO

Afasia: Prejuízo da comunicação por meio da fala, da escrita ou de sinais, devido a disfunção dos centros cerebrais no hemisfério dominante (STEDMAN, 1976).

Amusia: Forma de afasia caracterizada pela perda da faculdade de expressão musical ou do reconhecimento de tons musicais simples (STEDMAN, 1976).

Cerebelo: Grande massa localizada acima da ponte e da medula e abaixo da porção posterior do telencéfalo; consiste em dois hemisférios laterais unidos por uma porção medial estreita, o vérmis cerebelar (STEDMAN, 1976).

Corpo caloso: Comissura (ponto de união) entre os hemisférios cerebrais; a grande estrutura em forma de placa de fibras nervosas que interconectam os córtices dos hemisférios cerebrais (com exceção à maior parte dos lobos temporais, que são interconectados pela comissura anterior). Localizado ao fundo da fissura longitudinal e coberto em cada lado pelo giro cingulado, é arqueada de trás para frente e é espessa em cada extremidade mas mais fina na sua longa porção central (tronco); curva-se para trás, por baixo de si mesma, na altura do genu, para formar o rostrum do corpo caloso (STEDMAN, 1976).

Encéfalo: Conjunto de estruturas que indicam o cérebro ou que guardem relação com o mesmo (STEDMAN, 1976).

Gânglios: Um agregado de corpos de células nervosas localizados no sistema nervoso periférico (STEDMAN, 1976).

Glia: Elementos celulares não neurais dos sistemas nervosos central e periférico (STEDMAN, 1976).

Meninge: Qualquer membrana; especificamente, uma das membranas que revestem o cérebro e a medula espinhal (STEDMAN, 1976).

Neurogênese: Formação do sistema nervoso (STEDMAN, 1976).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Paulo. Uma abordagem evolucionária e neurocientífica da música. **Neurociências**, São Paulo, p. 21-33, jul./ago. 2004.

BROWN, Steven; MARTINEZ, Michael J.; PARSONS, Lawrence M.. The Neural Basis of Human Dance. **Cerebral Cortex**, [s.l.], v. 16, n. 8, p.1157-1167, 12 out. 2005. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/cercor/bhj057>.

BURKE, Peter (Org). **A escrita da história: novas perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 1992.

COSENZA, Ramon; GUERRA, Leonor. **Neurociência e educação: como o cérebro aprende**. Porto Alegre: Artmed, 2011. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=BEIkPQD6leUC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 27 jul. 2016.

DA SILVA, Sérgio Gomes. A gênese cerebral da imagem corporal: algumas considerações sobre o fenômeno dos membros fantasmas em Ramachandran. **Pshysis Revista de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 23, 2013, p. 167-195.

ERCOLE, F. F. et al. **Revisão integrativa versus revisão sistemática**. Rev Min Enferm, v. 18, n. 1, p. 1-260, jan./mar. 2014.

FLOR, Damaris; CARVALHO, Teresinha Augusta Pereira de. **Neurociência para educador: coletânea de subsídios para "alfabetização neurocientífica"**. São Paulo: Baraúna, 2012.

GIL , Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1991.

HANSEN, John T.; KOEPPEN, Bruce M. **Atlas of Neuroanatomy and Neurophysiology**. Teterboro: Icon Custom Communications, 2004. 92 p.

IHMC Cmap tools. Disponível em: http://cursa.ihmc.us/rid=1261846498140_501122952_14927/cerebro. Acesso em: 12 dez. 2016.

ILARI, Beatriz. A música e o cérebro: algumas implicações do neurodesenvolvimento para a educação musical. **Revista da ABEM**, Porto Alegre, v. 9, p. 7-16, set. 2003.

JANZEN, Thenille Braun. **Neurociências e música: implicações para a prática pedagógico-musical**. 2007. 135 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Faculdade de Artes, Filosofia e Ciências Sociais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

KANDRATAVICIUS, Ludmyla *et al.* Neurogênese no cérebro adulto e na condição epilética. **Journal of epilepsy and clinical neurophysiology**, [s.l.], p. 119-123, 2007.

LEOW, Li-Ann; GRAHN, Jessica. Neural mechanisms of rhythm perception: present findings and future directions. *In*: MERCHANT, Hugo; LAFUENTE, Victor de. (Ed.). **Neurobiology of interval timing**. New York, Springer, 2014. p. 325-338.

LEVITIN, Daniel J. **A música no seu cérebro: a ciência de uma obsessão humana**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2010.

LICURSI, Maria Beatriz. O processo auditivo, a memória e suas interfaces nas habilidades musicais: um estudo neurocientífico. *In*: VII WORLD CONGRESS ON COMMUNICATION AND ARTS, 20-23, 2014, Vila Real. **Anais...** Vila Real: WCCA, 2014, p. 164-167.

MACHADO, Angelo. **Neuroanatomia funcional**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1998.

MUSZKAT, M; CORREIA, C. M. F.; CAMPOS, S. M. Música e neurociência. **Rev. Neurociências**, São Paulo, v. 8, n. 2, ago, 2000, p. 70-75.

PEDERIVA, Patrícia; TRISTÃO, Rosana. **Música e cognição**. Ciências e cognição, Rio de Janeiro, v. 9, nov, 2006. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/issue/view/24>. Acesso em: 15 set. 2016.

ROCHA, V. C.; BOGGIO, P. S. A música por uma óptica neurocientífica. **Per Musi**, Belo Horizonte, n.27, p.132-140, jan./jun. 2013.

ROTHER, Edna Terezinha. **Revisão sistemática X revisão narrativa**. Acta Paulista de Enfermagem, v. 20, n. 2, abril/jun. 2007.

SCHMIDEK, Werner; CANTOS, Geny. Evolução do sistema nervoso, especialização hemisférica e plasticidade cerebral: um caminho ainda a ser percorrido. **Revista pensamento biocêntrico**, Pelotas, n. 10, p. 181-204, jul./dez. 2008.

STEDMAN, Thomas Lathrop. **Stedman's Medical Dictionary**. 23. ed. Baltimore: The Williams & Wilkins Company, 1976. 1678 p.

VOSGERAU, D. S. A. R.; ROMANOWSKI, J. P. **Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas** Rev. Diálogo Educ., Curitiba, v. 14, n. 41, p. 165-189, jan./abr. 2014.

ZATORRE, R. J.; PERETZ, I. Brain organization for music processing. **Annu. Rev. Psychol.** v. 56, 2005.