

Reflexões sobre o estudo dos neurônios espelho e a aprendizagem musical

DEYSE DAYANE SCHULTZ*, ROSANE CARDOSO DE ARAÚJO**

Resumo

O foco deste artigo é a apresentação de um estudo no qual se busca refletir sobre algumas relações da aprendizagem musical com o Sistema de Neurônios Espelho humano. O neurônio espelho faz parte de uma classe de neurônios descoberta em meados dos anos 1990, que tem como principais funções codificar ações motoras, gestos, expressões faciais e espelhar no cérebro do observador a ação observada, em uma espécie de imitação mental. A relação entre o sistema de neurônios espelho e a aprendizagem musical é analisada por meio de diferentes fontes: (a) pelo relato de estudos realizados sobre o tema, como os de Addessi (2012) e Balthazar e Freire (2012); (b) por meio da citação de algumas propostas de pedagogias musicais que utilizam a imitação e o trabalho do corpo como fonte de musicalização; e (c) por reflexões acerca das características do sistema de neurônios espelho e sua relação com os processos de aquisição de habilidades musicais.

Palavras-chave: neurociência, sistema de neurônios espelho, cognição, educação musical, imitação

Reflections on the study of mirror neurons and musical learning

Abstract

The focus of this article is to present a study in which we reflect on some relations of musical learning with the human Mirror Neurons System. The mirror neuron is part of a neurons class discovered in the mid-1990s, which has as its main functions encode motor actions, gestures, facial expressions and mirror in the brain of the observer action, in a kind of imitation mental. The relationship between the Mirror Neuron System and musical learning is analyzed by means of various views: (a) by the report of studies on this subject, such as Addessi (2012) and Balthazar and Freire (2012); (b) by the mention about some proposals of musical pedagogy that use imitation and the body as a source of music education; (c) by reflections on the characteristics of the system of mirror neurons and their relation to the processes of acquisition of musical skills.

Keywords: neuroscience, mirror neurons system, cognition, music education, imitation

* PROFCEM/ Universidade Federal do Paraná - UFPR
E-mail: deyse.d.schultz@gmail.com

** PROFCEM/ Universidade Federal do Paraná - UFPR
Bolsista CNPq
E-mail: rosanecardoso@ufpr.br

Recebido em 2 de dezembro de 2015; aceito em 30 de dezembro de 2015.

O escopo deste artigo é a apresentação de um estudo que envolve neurociência e educação musical, no qual se busca refletir sobre algumas relações da aprendizagem musical com o *sistema de neurônios espelho* humano. Esse sistema é uma classe de neurônios que permite ao indivíduo aprender por imitação, além de estar envolvida no processo de empatia, reconhecimento e codificação das ações observadas/ouvidas e outras funções cerebrais de grande relevância para o aprendizado (Rizzolatti & Craighero, 2004; Rizzolatti, Craighero, & Fadiga, 2002; Molnar-Szakacs & Overy, 2006). A descoberta do neurônio espelho pode ser considerada como uma das grandes conquistas das últimas décadas para a ciência que estuda a evolução do cérebro.

Considerando-se que o sistema de neurônios espelho em humanos é mediador de diversas funções da ação, busca-se com este artigo ampliar os estudos sobre este sistema e suas possíveis relações com processos de aprendizagem musical, uma vez que no Brasil, atualmente, ainda são emergentes pesquisas sobre tal enfoque. Para este fim, é apresentada, inicialmente, contextualização e explicação sobre a descoberta e funcionamento dessa classe de neurônios. Na sequência, são abordados alguns exemplos de pesquisa na área da música que incluíram o estudo desse sistema. Por fim, são traçadas algumas reflexões sobre o processo de aprendizagem musical e o sistema de neurônios espelho, como forma de fomentar, cada vez mais, a aproximação entre a neurociência e a educação musical.

1 O Sistema de Neurônios Espelho

Os neurônios espelho foram observados pela primeira vez pela equipe de pesquisadores formada por Giacomo Rizzolatti, Vittorio Gallese e Leonardo Fogassi, da Universidade de Parma, na Itália. Essa classe de neurônios foi descoberta inicialmente em macacos, em uma região cerebral chamada área F5, parte do córtex pré-motor ventral (Stamenov & Gallese, 2002; Rizzolatti & Craighero, 2004). Também comprovou-se, posteriormente, que esse sistema abrange a área PF, parte rostral do lóbulo parietal inferior (Rizzolatti & Craighero, 2004). Estes neurônios foram descobertos quando um macaco (raça *rhesus*), que estava com eletrodos implantados em regiões motoras do cérebro, visualizou um pesquisador que entrou na sala de pesquisa. Quando o primata observou o sujeito realizando uma ação de movimento, com um objeto em mãos, essas regiões do seu cérebro dispararam indicando a ativação, mesmo sem o macaco ter realizado qualquer movimento muscular (Mendes, Cardoso, & Sacomori, 2008). Por este motivo, parte dos neurônios en-

contrados nessas regiões cerebrais foi chamada de neurônios espelho, pois permitem ao indivíduo compreender ações realizadas por outros indivíduos, espelhando-as no seu próprio cérebro.

O estímulo que produz a atividade cerebral do sistema espelho pode ser oriundo tanto da observação de alguma ação de movimento, quanto da ação do próprio observador. Por exemplo, essa classe de neurônios pode entrar em ação quando se observa alguém pegando um objeto ou quando o observador realiza a mesma ação (Rizzolatti & Craighero, 2004; Mendes, Cardoso, & Sacomori, 2008; Molnar-Szakacs & Overy, 2006). Esses circuitos neuronais podem também ser recrutados quando a ação não é manifestadamente executada, mas simplesmente imaginada (Stamenov & Gallese, 2002). Além disso, o neurônio espelho pode intermediar o entendimento de uma ação visualmente interrompida. Mesmo sem visualizar a ação de maneira completa, mas consciente do contexto em que ela acontece, o neurônio espelho capacita o observador a compreender o restante da ação (Stamenov & Gallese, 2002). Em outras palavras, o observador pode prever o restante de uma ação, quando é impedido de assisti-la até o final (Rizzolatti & Craighero, 2004).

Essa classe de neurônios intrigou a comunidade científica, que comprovou, após a descoberta do sistema em macacos, que existe um sistema homólogo no cérebro humano e que compartilha muitas características com o neurônio espelho do primata. Contudo, o sistema espelho humano ocupa mais áreas cerebrais e é muito mais complexo que o do cérebro do macaco. De acordo com Lameira, Gawryszewski e Pereira Júnior (2006) estudos recentes auxiliados por técnicas de neuroimagem estão cooperando na descoberta das propriedades funcionais do sistema de neurônios espelho humano e permitindo que os pesquisadores localizem as áreas corticais que possuem o sistema (Lameira, Gawryszewski, & Pereira Júnior, 2006). Por intermédio destes, comprovou-se que o sistema espelho simula as ações observadas e envia estímulos via córtico-espinhal aos músculos referentes a essas ações, confirmando como a função motora está intrinsecamente relacionada à função do neurônio espelho (Lameira, Gawryszewski, & Pereira Júnior, 2006).

As semelhanças entre o sistema espelho do macaco e o humano são muitas. Ambas se localizam em regiões motoras, são regiões cerebrais muito parecidas, os dois sistemas são excitados pela observação de ações ou pelo estímulo sonoro referente a ações e os neurônios podem ser classificados em amplamente ou estritamente congruentes. Contudo, o sistema de neurônios espelho humano desenvolveu-se de maneira muito mais elaborada, possui habilidades que o neurônio espelho do macaco não tem e as propriedades, quando compartilhadas, no cérebro humano são mais complexas (Rizzolatti, Craighero, & Fadiga, 2002).

As principais funções do sistema de neurônios espelho do cérebro humano são:

- a) permitir ao observador compreender a ação e a intenção por detrás das ações realizadas por outros indivíduos, por meio do espelhamento do ambiente em seu próprio cérebro e pelo recrutamento de suas funções motoras;
- b) desenvolver a *empatia*, habilidade cognitiva de alta complexidade que se refere à compreensão das emoções e dos sentimentos do outro;
- c) desenvolver a habilidade de comunicação, embora ainda não seja um enunciado comprovado, há grandes probabilidades de que o sistema de neurônios espelho seja parte de uma estrutura complexa que permitiu ao humano se comunicar;
- d) capacitar o ser humano (e algumas outras espécies animais) a aprender por imitação.

1.1 Função motora e compreensão da ação

Tendo em vista que o sistema de neurônios espelho envolve muitas áreas motoras do cérebro, é possível inferir que há uma interação entre o papel desempenhado por esses neurônios e as funções cerebrais motoras. A habilidade cognitiva que provém de tal interação é de grande importância para a manutenção da vida em sociedade, pois ela permite que se compreendam as ações e as intenções dos outros, pela observação.

Uma das atividades básicas do sistema espelho é moldar a percepção daquele que observa o ambiente pela simulação cerebral das ações observadas, através do recrutamento do seu sistema motor. Imita-se mentalmente toda ação observada, portanto, se o indivíduo pode imitar a ação do outro, tem a capacidade de compreender o significado da ação (Rizzolatti, Craighero, & Fadiga, 2002). Entretanto, essa capacidade motora de compreensão em tempo real não necessita de um momento de reflexão sobre o ato observado.

Além dos estímulos visuais, sabe-se que esta classe de neurônios também responde a estímulos auditivos associados a ações específicas, como por exemplo, o som de um espirro ou de uma casca de noz sendo quebrada. Esses neurônios espelho são então classificados como audiovisuais (Lameira, Gawryszewski, & Pereira Júnior, 2006; Molnar-Szakacs & Overy, 2006). Para comprovar que o neurônio espelho é o responsável pelo entendimento da ação, mesmo quando não está recorrendo ao estímulo visual, Rizzolatti e Craighero (2004) apresentam os resultados de dois testes que foram realizados com macacos, um deles

utilizando sons relacionados a ações, somado a visualização da ação e outro apenas com a representação mental da ação, ou seja, utilizando-se unicamente do som. Eles mostraram que os neurônios espelho são ativados em ambos os casos.

A capacidade de compreensão pode estar relacionada a diversas ações, como aquelas vinculadas a mão, boca, braços, pés, e outras. Os neurônios acionados através do estímulo de atos bucais foram classificados em neurônios ingestivos ou comunicativos (Rizzolatti & Craighero, 2004). Os primeiros dizem respeito a atos motores referentes à alimentação, como morder ou mastigar, e os neurônios comunicativos, por sua vez, são estimulados por expressões faciais relacionadas à linguagem, como movimentos labiais, assim como inflexões na entonação da voz (Leal-Toledo, 2010), um fator que corrobora o fato de que esse sistema esteja relacionado ao desenvolvimento da comunicação.

O sistema espelho humano pode codificar muito mais atos motores que o sistema do macaco. Leal-Toledo afirma que “uma das diferenças fundamentais é que, ao contrário dos macacos, nos humanos os neurônios-espelho também respondem a atos intransitivos, ou seja, movimentos que não são diretamente relacionados a nenhum objeto em particular, como, por exemplo, simplesmente mover o braço” (2010, p. 184). Rizzolatti, Craighero e Fadiga explicam que “em humanos ambos os gestos, transitivos (objetivo-dirigido) e intransitivos sem sentido ativam o sistema espelho” (2002, p. 42).¹ E de acordo com os mesmos autores, quando o movimento é intransitivo, a ativação de regiões de neurônios espelho ocorre de maneira mais forte no hemisfério direito, enquanto que ações direcionadas a objetos são mais fortes no hemisfério esquerdo.

1.2 Empatia

Empatia é o ato de sentir o que o outro sente, compreendendo seus sentimentos e as intenções por detrás de suas ações (Lameira, Gawryszewski, & Pereira Júnior, 2006). Essa é mais uma das propriedades mediadas pelo sistema espelho. Isto é possível porque ele se relaciona com o sistema límbico, que é aquele responsável pelas emoções em seres humanos (Molnar-Szakacs & Overy, 2006). Os neurônios responsáveis por essa alta habilidade são chamados de neurônios espelho emocionais. É por causa deles que se pode chorar, quando outra pessoa chora, sentir nojo de algo nunca visto antes ou medo de um lugar em que nunca se

¹ Tradução de: In humans both transitive (goal directed) and intransitive meaningless gestures activate the mirror system.

foi. Expressões faciais e sutilezas na entonação da voz podem ajudar a compreender o sentimento ou intenção do outro (Lameira, Gawryszewski, & Pereira Júnior, 2006). Isso quer dizer, mais uma vez, que há uma conexão do sistema espelho com o fator social, pois essas relações se dão por meio de laços afetivos que se formam por empatia.

O neurônio espelho permite antecipar respostas no cérebro, quando se relaciona com alguém. Dessa forma se pode pensar como o outro ou sentir o que originalmente está sendo sentido por outra pessoa. “O sistema de neurônios-espelho está envolvido não só nas representações intersubjetivas de ações, mas também nas representações emocionais que nos permitem sentir conectados com outros agentes”² (Molnar-Szakacs & Overy, 2006, p. 238). Segundo os mesmos autores, a postura e o gesto podem incitar estados emocionais no ouvinte que aprecia a música.

1.3 Linguagem

Estudos de neuroimagem comprovaram que existe a ativação de diversas áreas cerebrais com função espelho no cérebro humano e uma dessas é a área de broca (Lameira, Gawryszewski, & Pereira Júnior, 2006). A área de broca encontra-se especificamente no “lobo frontal do hemisfério esquerdo” (Cosenza & Guerra, 2011, p. 100) e é a base neural responsável pela linguagem em humanos. Em humanos, além da capacidade de compreender a ação do outro, seja por atos intransitivos ou pantomimas, há também a complexa habilidade de imitar. Somadas estas permitem compreender os gestos usados na comunicação (Rizzolatti, Craighero, & Fadiga, 2002; Rizzolatti & Craighero, 2004).

Rizzolatti e Craighero acreditam que os gestos da mão foram transferidos para gestos oro-laríngeos durante a evolução, pois através de estudos foi descoberto que, durante a observação de objetos grandes direcionados, principalmente, a ação de agarrar resulta em maior abertura da boca para se falar. Segundo Rizzolatti, Craighero e Fadiga (2002), há estudos que mostram que a área de broca não está reclusa “apenas” ao campo da comunicação e dos gestos linguísticos, pois também é estimulada por movimentos relacionados à mão. “Mesmo depois de milênios, a nossa capacidade de gesticular e de modificar o tom e o ritmo da voz ainda é extremamente importante para uma comunicação efetiva” (Leal-Toledo, 2010, p. 185). Sendo assim, essas são as principais hipóteses que levam muitos estudiosos da área a pensar que o sistema de neurônios espelho constitui o substrato neural da habilidade de comunicação em humanos.

² Tradução de: The mirror neuron system is involved not only in the intersubjective representations of actions but also in emotion representations that allow us to feel connected with other agents.

1.4 A função imitativa do neurônio espelho

Antes da descoberta dos neurônios espelho acreditava-se que aprender por imitação fosse um ato que dependia da ativação de diversos recursos e áreas cerebrais distintas que estivessem envolvidas em perceber, codificar e executar ações. Contudo, hoje se sabe que todos esses processos fazem parte de um único procedimento muito mais “econômico”, em que o mesmo neurônio que percebe pode ser também o que executa a ação. Sumariamente, o ato de aprender por imitação ocorre pela representação mental da ação percebida pelo cérebro do observador (Leal-Toledo, 2010). As definições de imitação no contexto dos estudos sobre neurônios espelho são muito amplas, Rizzolatti, Craighero e Fadiga assim a definem:

Imitação pode dizer respeito a um movimento ou uma sequência de movimentos. Além disso, imitação pode ser precedida ou não pelo entendimento do significado da ação, ela pode ser uma aproximação ou uma réplica precisa da ação observada ou, finalmente, pode dizer respeito a uma sequência de ações nunca produzidas antes pelo observador³ (Rizzolatti, Craighero, & Fadiga, 2002, p. 52).

Para Lameira, Gawryszewski e Pereira Junior (2006), a função da imitação com base no sistema de neurônios espelho é assim explicada:

Se alguém faz um movimento corporal complexo que nunca realizamos antes, os nossos neurônios-espelho identificam no nosso sistema corporal os mecanismos proprioceptivos e musculares correspondentes e tendemos a imitar inconscientemente aquilo que observamos, ouvimos ou percebemos de alguma forma (Lameira, Gawryszewski, & Pereira Junior, 2006, p. 129).

A imitação pode ser a base da capacidade humana de aprender e adquirir cultura com o outro. Segundo Billard e Arbib (2002), as habilidades imitativas da criança desenvolvem-se paralelamente ao período de aprimoramento de suas habilidades comunicativas. Eles também afirmam que a capacidade imitativa já se mostra presente em recém-nascidos que, frequentemente, imitam expressões faciais dos pais.

Rizzolatti e Craighero (2004) também confirmam que o desenvolvimento da linguagem está relacionado com a imitação; eles explicam que a área de broca é muito importante no processo imitativo. Esses autores também revelam que quando um indivíduo observa uma ação de movimento, seus neurônios espelho disparam, mas quando ele re-

³ Tradução de: Imitation may concern a movement or a sequence of movements. Furthermore, imitation may be preceded or not by the understanding of the action meaning, it may be an approximate or a precise replica of the observed action and, finally, it may concern a sequence of actions never performed before by the observer.

produz essa ação (imitando-a) a atividade neural é muito mais forte, pois a imitação é um fenômeno complexo que vai além da capacidade de “copiar” atos motores. Imitar também implica perceber e externalizar sequências inteiras de ações motoras, e mais do que isso, é um fenômeno que permite que se aprenda com o outro (Rizzolatti, Craighero, & Fadiga, 2002). Tudo aquilo que se aprende por meio da imitação fica armazenado no repertório motor do sujeito, possibilitando-lhe realizar modificações nesse repertório, a fim de criar novas ações (Rizzolatti, Craighero, & Fadiga, 2002).

De acordo com Rizzolatti, Craighero e Fadiga (2002), a resposta imitativa e imediata a algum movimento observado é natural ao ser humano; isso ocorre por um mecanismo denominado *resposta facilitada*. Contudo, na medula espinhal existe um sistema inibidor que evita que ocorra um movimento evidente após observação de uma ação (Rizzolatti & Craighero, 2004). Isto é, se o sistema nervoso não possuísse um centro inibidor do movimento, toda ação observada seria imediatamente executada, sem nenhum filtro. Como afirma Leal-Toledo (2010), é o que acontece com pacientes que possuem *echopraxia*⁴.

Rizzolatti, Craighero e Fadiga definem dois tipos de imitação através do mecanismo de *resposta facilitada*: a imitação por meio da “facilitação da resposta sem o entendimento do significado da ação” e a imitação por meio da “facilitação da resposta com o entendimento do significado da ação” (2002, p. 52). Assim, de acordo com esta hipótese, entende-se que a imitação não necessita ocorrer sempre com a compreensão da ação. Mesmo que uma das funções do sistema espelho seja a compreensão da ação, esta não é pré-requisito para que a imitação seja realizada. A reação da resposta sem o entendimento do que significa a ação é um fator compartilhado por diversas espécies. Quando um único indivíduo produz uma ação de defesa, por exemplo, ele acaba por gerar uma reação em massa em que todos os membros do grupo passam a realizar a mesma ação pelo fenômeno da imitação (Rizzolatti, Craighero, & Fadiga, 2002). Segundo esses autores, o “comportamento contagioso” não depende da compreensão, mas apenas da ação. Em humanos a característica de imitar sem compreender mostra-se muito presente nos primeiros meses de vida, quando o bebê imita gestos de boca ou mãos dos adultos, bem como, em recém-nascidos, quando imitam as expressões faciais dos pais (Rizzolatti, Craighero, & Fadiga, 2002). Essa habilidade pode ser percebida também em adultos. Rizzolatti, Craighero e Fadiga explicam que o fato pode ocorrer com fãs de esportes:

⁴ “Um provável problema na área inibidora dos neurônios-espelho causa, nesses pacientes, uma compulsão de imitar os atos de outros, de maneira imediata e reflexiva” (Leal-Toledo, 2010, p. 188).



Enquanto observam um atleta realizando um exercício, tendem a “ajudá-lo” imitando seus movimentos. Da mesma forma muitas pessoas sentem forte necessidade de copiar os “tiques” de outra pessoa, fazendo-os involuntariamente. Outros exemplos são rir, bocejar, chorar, e, (...) imitar involuntariamente expressões faciais (2002, p. 52)⁵

A imitação, segundo o fenômeno da “facilitação da resposta com o entendimento do significado da ação”, pode ser compreendida pela distinção de atos motores e ações motoras. Ação motora refere-se a algum movimento direcionado a um objeto, como pegar uma fruta, por exemplo (pode-se subentender também o corpo). Por outro lado, as ações motoras são um conjunto de atos motores. Em ambos os casos pode se compreender o significado da ação (Rizzolatti, Craighero, & Fadiga, 2002). Por fim, Rizzolatti, Craighero e Fadiga defendem a hipótese de que o sistema motor é ativado tanto por movimentos quanto por ações; parte do sistema motor codifica ações e parte codifica movimentos. Quando o estímulo vem de um movimento, os neurônios que o codificam são ativados, mas nesse caso não possibilitam o entendimento da ação observada. O oposto também ocorre, quando o estímulo é oriundo de uma ação, os neurônios responsáveis por facilitar a resposta de ações ressonam e, conseqüentemente, produzem o entendimento da ação (Rizzolatti, Craighero, & Fadiga, 2002).

2 Pesquisas sobre música e o sistema de neurônios espelho

Alguns estudos acerca do sistema espelho em processos de prática e aprendizagem musical já foram divulgados, como por exemplo os estudos de Molnar-Szakacs e Overy (2006), Addessi (2012), e, no Brasil, o estudo de Balthazar e Freire (2012). A temática dessa pesquisa sugere uma interdisciplinaridade entre duas áreas do conhecimento— a educação musical e a neurociência— e é um campo emergente que ainda carece de mais estudos na área da música/cognição. No presente artigo são destacados os estudos de Balthazar e Freire (2012) e Addessi (2012).

O estudo de Balthazar e Freire (2012) foi realizado com clarinetistas em fase inicial de aprendizagem. Nos testes, os instrumentistas interagem com um indivíduo “espelho”, de modo que essa interação poderia ser visual ou auditiva. A interação visual tinha um forte caráter motor, cujos movimentos e posicionamento de mãos ou boca poderiam ser

⁵ Tradução de: While observing an athlete performing an exercise, tend to “help” him imitating his movements. Similarly many individuals feel a strong urge to copy the “tics” of a person involuntarily making them. Other examples are laughing, yawning, crying, and (...) involuntarily mimicking of facial expressions.

imitados. No contexto da interação auditiva poderia se imitar apenas o som, pois o “professor espelho” permanecia de costas para o sujeito da pesquisa. A imitação ocorria, em ambas as interações, em tempo real.

Os resultados foram analisados durante o processo, mas também após a realização do teste, por meio de áudio e vídeo. Eles mostraram que instrumentistas iniciantes tendiam a imitar muito mais através da interação visual, pois ela gera mais segurança, no sentido de que eles poderiam recorrer ao espelhamento motor e a padrões visuais já conhecidos. Segundo os autores, “os resultados apontam então, para a importância da interação visual e dos neurônios espelhos, principalmente na fase de desenvolvimento e aprendizagem inicial do estudante de instrumento, um momento em que há a dependência maior de um modelo a ser observado e espelhado” (Balthazar & Freire, 2012, p. 8). Além disso, Balthazar e Freire explicam que “para a interação auditiva, torna-se necessário um maior desenvolvimento de outros fatores, como o ouvido tonal e a técnica instrumental, que tornam o indivíduo mais livre e autônomo, mais independente e menos dependente de um modelo visual” (2012, p. 7), habilidades essas desenvolvidas apenas por músicos mais experientes.

Entretanto, os pesquisadores explicaram que, no caso desses instrumentistas principiantes, “a interação auditiva existe também. Tratando-se de música não há como se desconsiderar a audição e o estímulo sonoro, e as pesquisas apontaram para a sua existência em momentos da iniciação instrumental também, como na correção de afinação e adequação do timbre” (Balthazar & Freire, 2012, p. 8) — ou seja, a alteração de uma habilidade motora para alcançar melhor desempenho na afinação, por exemplo.

Este estudo de Balthazar e Freire comprova que a aprendizagem é facilitada, quando há uma interação do aluno com algum indivíduo que atue como espelho, tanto em se tratando de instrumentistas iniciantes quanto de instrumentistas mais experientes. Diante disso, o que muda é a referência do que será imitado. Obviamente, o mais recorrente no processo de aprendizagem musical é a confluência destas duas formas de interação imitativa. Esses apontamentos sugerem que, ao tocar junto com o professor ou com um grupo de músicos, os neurônios espelho do aluno permitem a ele realizar uma imitação simultânea, onde também “é possível utilizar as habilidades imitativas para aprender aspectos importantes da convivência em grupo, como liderança, ouvir, esperar ou, simplesmente, a convivência em grupo” (Balthazar & Freire, 2012, p. 9).

Outra pesquisa que procurou demonstrar a relação do neurônio espelho com a imitação foi realizada por Anna Rita Addessi (2012), docente da Universidade de Bolonha, na Itália. Suas pesquisas vinculadas



ao projeto MIROR⁶ (*Musical Interaction Relying On Reflexion*) propõem a criação de uma pedagogia que desenvolva a criatividade musical por meio da interação da criança com uma ferramenta tecnológica, nesse caso, à luz dos estudos sobre o *paradigma da interação reflexiva* e conhecimentos acerca dos neurônios espelho. Segundo a autora “durante uma interação reflexiva (IR de forma reduzida), o outro não imita exatamente o que o imitado está fazendo, mas, sim, imita seu estilo, neste caso seu estilo musical” (2012, p. 9)⁷. Em outras palavras, a relação criança/máquina propicia uma interação entre o indivíduo e uma cópia virtual de seu próprio estilo musical.

A interação desenvolvida a partir de um *software* de aprendizagem, referido como IRMS (do inglês *Interactive Reflexive Musical System*), dá-se através de uma máquina denominada *Continuator*, que imita o estilo musical do indivíduo que interage com ela, no caso a criança. Propicia-se então, um momento de constantes trocas, que consiste no *input* de uma frase musical criada aleatoriamente pela criança em um teclado MIDI, que é então percebida pela máquina. Ao adaptar-se em tempo real, ela devolve uma resposta à criança, mas não somente imitando sua frase e sim seu estilo musical. Nesse mecanismo de repetição e variação, a resposta da máquina possui alguma modificação que tende a criar um diálogo imitativo entre ambos.

Conforme a pesquisadora, há um período da vida em que a criança passa a reconhecer que está sendo imitada. Isso se desenvolve até os 24 meses de idade e nesse período as mães também se utilizam do processo imitativo para atrair a atenção dos bebês (Addessi, 2012). Essa interação entre mãe e bebê ensina a criança a imitar. Ela explica que “entre dois e seis meses, a criança está em pleno balbúcio: esse fenômeno parece ser causado pela exploração da voz da criança (reação circular), mas também pela imitação de sons ouvidos dos adultos ou outras crianças” (Addessi, 2012, p. 11)⁸. A autora também discute a importância do processo de repetição e variação para o desenvolvimento infantil, além de frisar sempre o uso do corpo como fundamental na aprendizagem da criança. Segundo Addessi, durante as interações vocais e melódicas entre as crianças e os pais, “as sequências são acompanhadas por gestos, ritmos corporais e movimentos compartilhados pelos protagonistas” (Addessi, 2012, p. 12). Ainda segundo ela:

⁶ Mais informações em <http://www.mirrorproject.eu/>

⁷ During a reflexive interaction (RI in short) the other does not imitate exactly what the imitated is doing, but rather imitates her/his style, in our case her/his musical style.

⁸ Between two and six months, the child is in full babbling: this phenomenon seems to be caused by the exploration of the voice (circular reaction) of the child but also by the imitation of sounds heard by adults or other children.

O fenômeno da imitação é principalmente um fenômeno bidirecional, em que a imitação da criança pelo adulto desempenha um papel vital no desenvolvimento da criança. Neste campo de estudo, pesquisas da musicalidade infantil surgem como cada vez mais importantes, a serem oferecidas como paradigmas que caracterizam o gene humano e a comunicação humana (Addessi, 2012, p. 11)⁹.

Ao tratar dos neurônios espelho em sua pesquisa sobre a *interação reflexiva*, Addessi aborda o conceito de mecanismo de ressonância, utilizado por Leman¹⁰, que se refere a uma representação mental instantânea de atos motores observados. Essa ação é inconsciente e não necessariamente resulta em uma ação motora no observador, mas serve de base para o processo de imitação. Segundo a autora, “a descoberta do sistema de neurônios espelho e a neurociência estão abrindo novas perspectivas nesses mecanismos básicos do funcionamento humano” (Addessi, 2012, p. 15)¹¹.

3 Algumas reflexões sobre o sistema de neurônios espelho para a aprendizagem musical

Muitas são as possibilidades de aproximação entre o estudo do sistema de neurônios espelho como mediador para a aquisição de elementos e habilidades da aprendizagem musical. Seguindo as propriedades encontradas neste sistema, particularmente as questões da função imitativa e a mediação deste sistema para aquisição da linguagem, função motora e compreensão do movimento, podem-se destacar algumas ideias.

Sobre a aproximação do sistema de neurônios espelho com a aquisição da linguagem e da aprendizagem musical, Molnar-Szakacs e Overy (2006, p. 238) afirmam que “a gama de resultados de pesquisa discutidos até agora apóia a hipótese de que a percepção de ação, linguagem e música recruta recursos neurais compartilhados, que parecem estar localizados em regiões do cérebro que compõem o sistema de neurônios-espelho humano”¹². Os mesmos autores destacam que “estudos de neuroimagem tem mostrado que a área de broca e seu hemisfério-direito homólogo suportam o processamento da sintaxe na linguagem (...) e música (Molnar-Szakacs & Overy, 2006, p. 237).¹³

⁹ The phenomenon of imitation is mainly a bidirectional phenomenon, in which the imitation of the child by the adult plays a vital role in child development. In this field of study, research on infant musicality have emerged as increasingly important, to be offered as paradigms that characterise the human gene and human communication

¹⁰ Marc Leman: autor da área da criatividade.

¹¹ The discovery of mirror neuron system and the neuroscience are opening new perspectives on these basic mechanisms of human functioning (...)

¹² The range of research findings discussed so far lends support to the hypothesis that the perception of action, language and music recruit shared neural resources, which appear to be located in brain regions comprising the human mirror neuron system.

¹³ Neuroimaging studies have shown that Broca’s area and its right-hemisphere homologue



Além disso, existe uma relação direta entre o ensino da música e a aprendizagem por imitação; logo, isso significa que existe um vínculo entre a educação musical e o sistema de neurônios espelho humano. De acordo com Balthazar e Freire (2012), a imitação é um elemento de suma importância para a aprendizagem musical, seja pelo fato de o aluno imitar gestos, posições, “formas” ou texturas e timbres, durante sua prática musical. Assim a imitação é um dos alicerces mais seguros e naturais para o desenvolvimento musical, principalmente para alunos iniciantes que se espelham no professor para aprender com seus gestos, movimentos e sonoridade. O ser humano pode imitar de maneira fiel não somente o movimento em si, mas também a duração dele, ou seja, imitar “um ato respeitando o seu aspecto temporal” (Leal-Toledo, 2010, p. 184). Essa habilidade, portanto, facilita ao ser humano dançar ou tocar instrumentos em grupo, por exemplo.

O valor da função imitativa do neurônio espelho constitui uma das bases mais concretas para o desenvolvimento humano. A educação musical, por meio deste processo, já foi muito discutida por diversos educadores que perceberam os bons resultados obtidos por uma educação que considera o aprender pela observação e o aprender fazendo, como por exemplo, Shinichi Suzuki (Ilari, 2013) e Jós Wuytack (Palheiros & Bourscheidt, 2013), entre outros.

Além da função imitativa, o sistema de neurônios espelho também pode ser considerado como mediador da aprendizagem musical, a partir de sua ativação na função motora e de compreensão da ação e do movimento. Durante muito tempo, desconsiderou-se a atividade corporal em função da atividade mental, mas educadores da área da música notaram a precariedade de um ensino unicamente cerebral e sentiu-se a necessidade de aumentar a percepção dos alunos em relação ao seu próprio corpo. O movimento como ferramenta de ensino da música firmou-se possivelmente no final do século XIX e início do século XX com as reformas propostas por Froebel, Hall e Dewey (Godinho, 2006) e, posteriormente, com o educador musical Émile-Jacques Dalcroze, que foi uma grande expressão do ensino da música através do movimento:

A filosofia da educação progressista, a par com a abordagem de Dalcroze, foi gradualmente se convencendo da importância do movimento global da criança. Este reconhecimento pedagógico pode ser observado no trabalho de grandes educadores musicais como Carl Orff (1964), Zoltán Kodály (1974) ou mesmo Justine Ward (1976). (Godinho, 2006, p. 358)

supports the processing of syntax in both language (Dapretto & Bookheimer, 1999; Friederici et al., 2000a, 2000b) and music.

Godinho defende que a expressão corporal e também os movimentos e a dança (como ferramenta de uma apreciação ativa) podem desempenhar papéis importantes na compreensão musical. Segundo o próprio autor, “a memória e a compreensão musical assentam num mapa cerebral fortemente marcado pelas representações de um corpo que interage com a música de forma muito generalizada e diversificada” (2006, p. 375). Neste sentido ele ainda destaca:

Autores, tais como Jacques-Dalcroze (1921; 1967), Seashore (1938) e Deutsch (1982) defendem que as imagens mentais auditivas parecem necessitar de suporte das imagens mentais motoras ou cinestésicas, que Dalcroze refere como a ilustração necessária para o processo de desenvolvimento da memória musical. (Godinho, 2006, p. 365)

Educadores musicais imbuídos desse sentimento começaram a criar diferentes pedagogias voltadas especialmente para crianças, que convergiam no sentido de desenvolver a sensibilidade musical de maneira natural, utilizando os recursos da imitação e do movimento corporal. Tais recursos pedagógicos permanecem como base da musicalização infantil e aprendizagem musical, e também, conforme indicam Balthazar e Freire (2012), da aprendizagem instrumental, mediados pelo sistema de neurônios espelho.

4 Conclusão

O *sistema de neurônios espelho* está relacionado a habilidades de alto grau cognitivo, como a capacidade de sentir empatia, a habilidade de compreender as intenções e as ações executadas por outros indivíduos, além de ser o substrato neural que possibilita aos seres humanos e a algumas outras espécies animais, o aprendizado por imitação. Entretanto, embora os estudos acerca desta classe de neurônios estejam em plena expansão, ainda é necessária a ampliação de investigações que reflitam sobre a correlação deste sistema com a aprendizagem e a prática musical.

Uma relação já explorada por alguns estudos na área da música é a capacidade de imitar, proporcionada pela ativação desses neurônios. A associação da imitação com a aprendizagem musical e o sistema de neurônios espelho foi relatada, por exemplo, no trabalho de Addessi (2012), cujos resultados mostraram uma oportunidade para a criação de uma pedagogia para o aperfeiçoamento da habilidade de improvisar e aprimorar a criatividade musical, e no trabalho de Balthazar e Freire (2012), que trataram da relação entre este sistema e a aprendizagem instrumental, com o objetivo de investigar a aplicabilidade dos conhecimentos



sobre as funções imitativas do neurônio espelho na prática musical de estudantes iniciantes de clarineta.

Desde o início do século xx educadores defendem um ensino da música a partir de atividades que envolvam movimento. Neste artigo, buscou-se comentar, à luz do estudo do sistema de neurônios espelho, a relevância das pedagogias de alguns educadores que já vinham realizando abordagens de ensino que privilegiam o movimento, a observação das ações e a imitação. Como esta classe de neurônios espelho está localizada em regiões motoras do cérebro, entende-se que suas funções estão diretamente vinculadas ao corpo e ao movimento. Estudos da neurociência demonstram que a música e o movimento estão intrinsecamente ligados no cérebro; existe uma interação auditivo-motora, uma vez que tanto durante a audição quanto durante a execução o córtex motor e o córtex auditivo são ativados (Boggio & Rocha, 2013). Neste sentido, o estudo dos neurônios espelho para compreensão da aprendizagem musical também pode congrega as relações das funções auditivas e motoras.

Conforme indicam Boggio e Rocha (2013), os avanços da neurociência têm permitido aprofundar estudos que relacionam música e cérebro. Segundo esses autores, com a realização dos estudos em neurociência, entende-se, hoje, por exemplo, que: a percepção da música como um todo ocorre pela integração de sons “fragmentados” em diversos locais cerebrais; o córtex temporal direito é de grande importância para o reconhecimento/percepção de melodias; e é possível verificar o desenvolvimento de diferentes estruturas cerebrais específicas, comparando-se músicos de alto desempenho e não músicos. Sugere-se, portanto, a ampliação dos estudos que relacionam o sistema de neurônios espelho com os processos de aprendizagem musical, para proporcionar novas descobertas e conhecimentos no campo da cognição musical, auxiliando, cada vez mais, a compreensão da complexidade e da dinâmica da relação entre homem e música.

Referências

- Addressi, A. R. (2012). From Eco to the mirror neurons: Founding a systematic perspective of the reflexive interaction paradigm. In: *Proceedings Conference on Music Perception and Cognition and Triennial Conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music* (pp. 9–19).

- Balthazar, L. & Freire, R. (2012). A observação dos neurônios-espelho na performance musical: Possibilidades de auxílio na iniciação musical instrumental. *Anais do VIII Simpósio de Cognição e Artes Musicais* (pp. 3–10).
- Billard, A. & Arbid, M. (2002). Mirror neurons and the neural basis for learning by imitation: Computational modeling. In: M. Stamenov & V. Gallese (Eds), *Mirror neurons and the evolution of brain and language*, (pp. 343–352). John Benjamins Publishing Company: Amsterdam/Philadelphia.
- Boggio, P., & Rocha, V. (2013). A música por uma óptica neurocientífica. *Per Musi*, 27, 132–140. Belo Horizonte: UFMG.
- Cosenza, R. & Guerra, L. (2011). *Neurociência e educação: Como o cérebro aprende*. Porto Alegre: Artmed.
- Godinho, C. J. (2006). O corpo na aprendizagem e na representação mental da música. In: B. Ilari (Org.), *Em busca da mente musical: Ensaio sobre os processos cognitivos em música, da percepção à produção*, (pp. 353–379). Curitiba: Editora da UFPR.
- Ilari, B. (2013). Shinichi Suzuki, a educação do talento. In: T. Mateiro & B. Ilari (Orgs), *Pedagogias em educação musical*, (pp. 185–218), Curitiba: Intersaberes.
- Lameira, A., Gawryszewski, L., & Pereira Jr., A. (2006). Neurônios espelho. *Psicologia*, 17(4), 123–133.
- Leal-Toledo, G. (2010). Neurônios espelho e o representacionalismo. *Revista Filos Aurora*, 22 (30), 179–194.
- Mendes, A., Cardoso, F., & Sacomori, C. (2008). Neurônios-espelho. *Neurociências - Revista Multidisciplinar das Ciências do Cérebro*, 4(2), março/abril, 93–99.
- Molnar-Szackacs, I. & Overy, K. (2006). Music and mirror neurons: From motion to e'motion. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1, 2006, (pp. 234–241).
- Palheiros, G.; Bourscheidt, L. (2013). Jos Wuytack, a pedagogia musical ativa. In: T. Mateiro & B. Ilari (Orgs), *Pedagogias em educação musical*, (pp. 305–343). Curitiba: Intersaberes.
- Rizzolatti, G. & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169–192.
- Rizzolatti, G., Craighero, L., & Fadiga, L. (2002). The mirror system in humans. In: M. Stamenov & V. Gallese (Eds), *Mirror neurons and the evolution of brain and language*, (pp. 37–59). Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.
- Stamenov, M. & Gallese, V. (2002). Introduction. In: M. Stamenov & V. Gallese (Eds), *Mirror neurons and the evolution of brain and language*, (pp. 1–12). Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing Company.