

O movimento “inteligente” dos dedos: entre as habilidades cognitiva e motora dos pianistas

MODALIDADE: COMUNICAÇÃO

SUBÁREA COGNIÇÃO INCORPORADA E CRIAÇÃO MUSICAL

Midori Maeshiro

EM/UFRJ – midorimaeshiro@musica.ufrj.br

Resumo: Pretendo revisar pesquisas recentes em neurociência cognitiva que oferecem novos fundamentos acerca de padrões neuromotores, a fim de discutir como este aporte teórico-metodológico pode suportar o desenvolvimento de pesquisa aplicada em performance pianística. Tais padrões são aqui correlacionados com programas de exercícios de base de menos sobrecarga neurocognitiva. Essa perspectiva tem como foco um processo de aquisição de independência de mãos-dedos fundada em esquemas mentais incorporados que assim otimizam a superação das dificuldades envolvidas.

Palavras-chave: Performance pianística. Neurociência cognitiva. Habilidade digital. Pedagogia do piano.

The “Intelligent” Movement of the Fingers: between Pianists Cognitive and Motor Abilities

Abstract: I intend to review recent research in cognitive neuroscience that provides new foundations about neuromotor patterns in order to discuss how this theoretical-methodological contribution can support the development of an applied research in piano performance. Such patterns are correlated here with basic exercise programs of less neurocognitive overload. This perspective focuses on a process of acquisition of independence of hands and fingers based on embodied mental schemes that optimize the overcoming of the difficulties involved.

Keywords: Pianistic Performance. Cognitive Neuroscience. Digital Ability. Pedagogy of Performance.

1. Apresentação

A música para piano é formada pela sobreposição de múltiplos fluxos sonoros, e tratar o piano polifonicamente é um recurso essencial de diferenciação para que o intérprete produza uma performance expressivamente competente. Assim, destacar polifonicamente— independentemente—os eventos sonoros da obra musical, sobretudo a partir do contraste de toques tímbricos, amplia significativamente as opções interpretativas do *performer*. Isto justifica a preocupação dos pianistas em adquirir, ao longo de sua prática, as competências cognitiva e motora para mover mãos e dedos de forma independente e funcional.

O que o pianista precisa desenvolver para se capacitar a realizar com desenvoltura os projetos interpretativos que envolvem o trato de dimensões texturais funcionalmente independentes? Para projetar os eventos sonoros em dimensões concorrentes na performance pianística, precisamos ajustar os pontos de ataque e as durações com as quais o(s) dedo(s) aciona(m) as teclas. Devido à própria natureza do instrumento, depois do acionamento da tecla—e do consequente golpe do martelo nas cordas—o “som” (as ondas sonoras)

naturalmente se propaga e desaparece progressivamente. Para executar o evento sonoro seguinte, o *performer* aciona uma nova tecla ao mesmo tempo que libera a tecla do evento anterior, sobrepondo, ao menos parcialmente, dois eventos sonoros consecutivos. Para conectá-los como elementos de um mesmo objeto musical, faz-se necessária a habilidade digital que possibilita os vários tipos de toque como, por exemplo, o *legato*, que justapõe precisamente um som ao seguinte, salientando ainda mais a conectividade que caracteriza eventos de uma mesma dimensão (considerando melodia, acompanhamento e bordão¹) ou *stream*², como preferiu Bregman (1990). A literatura pianística tradicional abordou uma variedade de programas de treinamento motor visando à aquisição de independência de dedos, mas recentes estudos em neurociência vêm produzindo resultados consistentes acerca dos processos de tomada de decisão que envolvem experiências cinestésicas com mãos e dedos, que podem redirecionar as estratégias de aquisição de habilidades para a performance ao piano.

2. Expressão e independência de mãos e dedos na performance pianística

O pianista desenvolve mecanismos sensório-motores para tratar com precisão a sobreposição de variáveis rítmicas de eventos musicais entre as duas mãos durante a performance. Entretanto, no início de sua aprendizagem o indivíduo apresenta dificuldade para movimentar as duas mãos independentemente, manifestando certo “polo de atração”: o gesto da mão direita provoca as mesmas ações expressivas na mão esquerda (e vice-versa). Por exemplo, quando flexionamos os dedos indicadores das duas mãos na mesma direção, utilizamos os músculos das regiões anteriores das mãos e antebraços. Se ao aumentarmos gradualmente a velocidade do movimento em direções opostas entre as mãos, ao ultrapassarmos certa velocidade, mesmo esforçando-nos para manter a oposição de movimentos, tornamo-nos, em determinado momento, incapazes de manter esta oposição e os dedos começam a se mover na mesma direção. Este efeito de “atração de movimentos entre as mãos esquerda e direita” (SERRIEN et al., 2006; LIUZZI et al., 2011) é também perceptível na prática pianística, um comportamento que é reflexo da função cerebral, fato este que explica a dificuldade do pianista em realizar a independência de dedos entre as mãos.

Sabemos que os movimentos da mão direita são comandados pelo hemisfério cerebral esquerdo e os da mão esquerda, pelo hemisfério direito. Quando movimentamos as duas mãos ao mesmo tempo, além de ativar os dois hemisférios cerebrais, esses se comunicam entre si através do *corpo caloso* que tem a função de criar uma “ponte” entre os dois lados do cérebro, porém há um “vazamento” de certa quantidade de informações de movimentos emitidas de um dos hemisférios para o oposto (ARAMAKI et al., 2006). Desta forma, quando

aumentamos a velocidade de certo movimento e assim necessitamos enviar mais informações para atingir nosso objetivo, isto gera maior quantidade de vazamento de informações. Além disso, a pesquisa de Aramaki e colegas revelou que na situação acima referida a quantidade de fluxo de saída de informações do lado esquerdo do cérebro para o direito é sempre maior, mostrando que as informações enviadas do lado direito do cérebro para acionar os músculos da mão esquerda contém muitos dos comandos do lado esquerdo do cérebro. Por esse motivo, a mão esquerda recebe, além das informações enviadas do hemisfério direito do cérebro, também as do lado esquerdo, o que força seus movimentos acompanharem, ao menos em parte, os da mão direita. No caso da performance pianística, para movimentar com eficiência as mãos direita e esquerda, necessitamos enviar um comando³—do hemisfério direito do cérebro—aos músculos da mão esquerda para que esta não seja prejudicada pela “invasão” de informações do hemisfério esquerdo. Se observarmos as atividades neuronais durante o movimento das mãos, verificaremos que são mais intensas quando as mãos se movimentam de formas diferentes, se comparadas às atividades que envolvem movimentos similares entre as mãos. Este fato revela a necessidade da elaboração e da aplicação de mapeamento estratégico que condicionem o movimento da mão esquerda para superar o processamento neuronal natural (PAYNE; ISSACS, 2012).

Outra pesquisa verificou resultados diferentes a respeito de atividades cerebrais envolvendo ações entre as mãos direita e esquerda de pianistas. Halinger e colegas (2004) revelaram que haveria quantidades similares de atividade cerebral, tanto em ações envolvendo movimentos paralelos quanto opostos. Isso mostra que o cérebro de um pianista, moldado pela prática deliberada, não necessita de grande esforço para gerir informações complexas durante movimentos independentes entre mãos, o que permitiria inclusive fazer uma reserva de “esforços mentais” para dedicar ao controle dos movimentos mais difíceis. Desta forma, comparando pianistas e não pianistas, os primeiros apresentam melhor fluxo de troca de informações entre os dois hemisférios cerebrais, ou seja, uma “ponte” (corpo caloso) consistente, o que permite executar com boa desenvoltura eventos musicais de camadas texturais concorrentes.

O outro aspecto igualmente importante da realização expressiva do fluxo musical multidimensional na performance pianística é a independência de dedos. A mão apresenta 27 ossos e 39 músculos, mas não temos condições de controlar cada componente da mão de forma independente. Como temos vários tipos de funcionalidade no sistema sensório-motor—músculos, tendões, nervos e cérebro—, as várias funções são combinadas de forma complexa. Quando tentamos mover certo dedo, os outros dedos, sobretudo aqueles que compartilham

tendões, tendem a se mover conjuntamente na mesma direção do dedo deliberadamente acionado (SOECHTING; FLANDERS, 1997). Pesquisas como a de Häger-Ross e Schieber (2000) mostram que essa dificuldade de mover independentemente cada um dos dedos não se observa no mesmo grau com pianistas. Estes podem apresentar habilidade para utilizar qualquer dedo de forma igualmente eficiente, decorrente de prática deliberada especializada. Um dos resultados mais significativos da pesquisa de Aoki e colegas (2005) mostrou a capacidade dos pianistas de tocarem repetidamente a mesma tecla com ritmo constante e uniforme utilizando o quarto dedo—considerado o menos independente. Os resultados demonstraram velocidade duas vezes maior, se comparados aos de não músicos. Isto evidencia que devido a milhares de horas de treino neuromotor para criar todo tipo de efeito tímbrico os pianistas adquirem habilidades especiais para acionar cada dedo de forma particularizada.

A literatura pianística ao longo dos anos sofreu mudanças significativas no padrão textural do fluxo musical—por exemplo, de sobreposição de uma melodia a outra dimensão textural com um acompanhamento (ROSEN, 1995). E como, de modo geral, assistiu-se a uma ampliação da textura para piano solo, em termos de adensamento (sobreposição de camadas) e espaçamento (exploração espacial), a habilidade de acionar dedos com mais funcionalidade tornou-se cada vez mais exigida do *performer*. Esse fato levou os pianistas a aplicar, sobretudo, dois procedimentos expressivos. O primeiro é a manutenção da estrutura rítmica e do andamento definidos no texto musical. Se tocamos com certa velocidade as notas Ré, Mi, Fá e Sol com seus respectivos dedos—segundo, terceiro, quarto e quinto—, quando tocamos a nota Mi, o quarto dedo (que acionará, em seguida, a tecla do Fá) já apresenta um ato executivo que denominarei aqui *preparação de toque*—considerando como estágios da produção de cada evento sonoro no piano, *preparação de toque*, *ataque* e *escape* (NOGUEIRA; MAESHIRO, 2019). Mas o que acontece quando durante o ataque do Mi, no momento em que o(a) pianista abaixa a tecla com o terceiro dedo, o quarto dedo se movimenta involuntariamente—devido ao compartilhamento de tendões? Simplesmente, um erro de execução pela execução antecipada do Fá. Portanto, sem a precisa independência de dedos, não seria possível executar uma peça musical mantendo fidelidade ao seu texto escrito.

O segundo procedimento expressivo que os pianistas passaram, historicamente, a aplicar a suas performances, foi a capacidade de os dedos se moverem, ao mesmo tempo e de maneiras diferentes, para realizar uma textura contendo melodia, acompanhamento, contracantos e bordão. Há grande quantidade de obras contendo passagens com diálogo de duas linhas melódicas independentes e acompanhamento, como, por exemplo, no repertório romântico, em peças de Schumann (1810–1856) ou Rachmaninoff (1873–1943). Se todos os dedos não forem

independentes entre si, os dedos menos independentes seriam sistematicamente atraídos pelo movimento de outros dedos, havendo misturas e fusões de conteúdos de dimensões distintas ou de uma mesma dimensão—ou ainda “borrões” sonoros produzidos por esbarros involuntários em teclas contíguas às acionadas deliberadamente pelo *performer*. Isto seria comparável à situação em que uma voz coralista não consegue executar corretamente sua parte, por receber influência ou interferência de uma voz vizinha.

Para tocar uma peça de alta velocidade, é preciso mover os dedos rapidamente. Mas como a exigência da velocidade modifica o movimento dos dedos? Quais os procedimentos específicos para executar mais rápido e ao mesmo tempo, fazer sobressair as dimensões texturais concorrentes? Se ao usarmos certos músculos, os músculos ao redor são "atraídos", tendendo a contraírem conjuntamente, então o entendimento de que a independência dos dedos é otimizada pela prática do instrumento deve ser fundamentada no funcionamento do sistema cognitivo e motor. É preciso investigar quais processos específicos otimizam a independência dos dedos envolvendo somente as tensões necessárias.

3. Uma discussão baseada na ciência da performance musical

O repertório para piano apresenta uma grande quantidade de peças que exigem muitas centenas de acionamentos de teclas por minuto—por exemplo, a *11ª Variação do Estudo n. 6 (Variação sobre um tema de Paganini)* de Liszt (1811–1886), exige a produção de 1800 eventos sonoros por minuto (MÜNTE et al., 2002, p. 473). Ainda poderia citar muitas outras peças com número similar de eventos, como *Scarbo* de Ravel (1875–1937) ou *La Campanella* de Liszt. Para atender tais exigências técnicas da literatura pianística, necessitamos economizar movimentos corporais para termos uma reserva de energia e força muscular, a fim de evitar a fadiga neuromuscular de mãos e dedos.

Pelo menos dois problemas surgem quando os músculos ficam fatigados durante a prática diária ou a performance pública: o *cansaço muscular* e a *lesão muscular*. A prática deliberada diária, consenso na pedagogia tradicional e corroborada pela ciência contemporânea da performance (KRAMPE; ERICSSON, 1996), é condição primordial para capacitar o indivíduo a alcançar um alto nível como *performer*. Se os músculos se esgotam rapidamente durante esta prática diária, o pianista terá que repousar até restabelecer sua melhor condição física; assim seu tempo de prática estará prejudicado. Uma rotina incorreta de prática diária acarreta, com frequência, aquilo que denominamos *lesão muscular*, que ocorre quando os músculos chegam no estágio de fadiga. Os músculos mais fracos e menos resistentes entram em atividade e, ao continuar a performance neste estado, esses músculos, normalmente menos utilizados e não

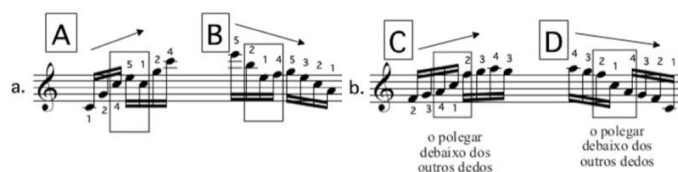
preparados para suportar um esforço contínuo, podem ser prejudicados. Outro problema é provocado por uma excessiva duração da performance, levando ao *cansaço muscular*. O *performer* pode ter esta experiência durante uma longa sessão de prática ou durante um concerto de uma a duas horas de duração—por vezes mais extenso ainda. O *cansaço* pode acarretar vários tipos de erros de execução, tais como rítmicos, de notas, de inadequação de volume sonoro, dentre outros, comprometendo gradativamente a qualidade da performance.

É comum ouvirmos dizer que o cansaço e a lesão muscular têm causa no "uso excessivo", devido às longas horas de prática, também denominada "síndrome do uso excessivo" (*over use syndrome*) (ALTENMULLER, 2010). Por outro lado, algumas pessoas praticam várias horas todos os dias sem lesionar o seu corpo. Diante desses fatos, nos últimos anos, alguns pesquisadores vêm debatendo a ideia de que existem outros fatores além da simples teoria de que o "uso excessivo danifica mãos e braços", tornando convencional a ideia de que "a ação indevida do corpo faz prejudicar o corpo durante a performance". A quantidade de tempo de prática pode ser otimizada, se tocarmos de forma eficiente, utilizando apenas os movimentos necessários. Assim, a sobrecarga sobre o cérebro e o corpo será reduzida, evitando danos musculares a mãos e braços.

Algumas pesquisas sobre o movimento corporal de pianistas vêm sendo realizadas, especificamente em relação às questões de habilidades motoras de mãos e dedos (FURUYA et al., 2011) revelando questões de competência cognitiva e motora ainda não abordadas na pedagogia da performance pianística atual. O foco de investigação no estudo do funcionamento corporal na performance musical elucida o mecanismo que faz gerar o conjunto de habilidades sensório-motoras específicas da performance—*sua expertise*—e, podendo funcionar como mantenedor de resistência muscular para evitar fadiga neuromuscular durante a performance e capacitar o *performer* a realizar uma interpretação satisfatoriamente expressiva. Furuya e colegas analisaram cinco pianistas de diferentes países, premiados internacionalmente (Rússia, Alemanha, Estado Unidos, França e Japão), e examinaram os padrões de movimento utilizados. O estudo revelou, entre múltiplos procedimentos utilizados, que alguns padrões básicos eram comuns e seriam suficientes para tocar todas as peças da literatura pianística. Além disso, os pesquisadores notaram que tais padrões apresentavam diferentes particularidades envolvidas no movimento ao utilizar (1) o polegar e (2) os quatro demais dedos. Por exemplo, ao teclar usando somente o polegar, automaticamente os outros quatro dedos se esticam, movendo-se de forma conjunta. Isto reproduz o mesmo movimento que acontece naturalmente na nossa vida cotidiana quando pegamos ou largamos um objeto. Por outro lado, o estudo revelou dois diferentes procedimentos referentes ao uso do polegar enquanto o pianista mantém a tecla abaixada: (a) dobrar o polegar

(igual a *agarrar*) e (b) esticar o polegar (igual a *largar*). Esses dois movimentos de “agarrar” e “largar” correspondem ao papel específico do polegar quando tocamos piano: o dobramento e o alongamento do polegar permitem o que a literatura especializada entende como “mudança de posição” da mão.

Tomando como ponto de partida os dados da referida pesquisa, pretendo aqui propor a geração de dois procedimentos para cada padrão. Nos trechos musicais A e B (exemplo 1a), tocados com a mão direita, ao abaixar a tecla com o polegar, podemos abrir ou fechar a mão possibilitando alterar dinamicamente a posição da mão, pois o polegar apresenta traços articulatórios que permitem fazer mais movimentos, comparando-o aos outros dedos. Para mover ainda mais a posição da mão para a direita ou a esquerda, utilizamos usualmente o procedimento técnico que considera o posicionamento do polegar abaixo dos outros dedos, como mostram os trechos C, movimento para direita, e D, movimento para esquerda (exemplo 1b). E nestes últimos casos também utilizamos o mecanismo de abrir ou fechar a mão, enquanto mantemos o polegar pressionando a tecla. Desta forma, haveria dois padrões básicos para o uso do polegar, porque temos que modificar a fôrma da mão antes e depois do toque na tecla (ataque), ajustando o grau de intensidade do dobrar e do esticar o polegar, de acordo com a posição desejada da mão. A partir do exemplo 1, destaco exercícios de base para uma execução efetiva de padrões de movimento de “abrir” (A/C) e “fechar” (B/D) a mão (exemplo 2).



Exemplo 1: padrão 1 - o movimento de “abrir” a mão (A/ C);
padrão 2 - o movimento de “fechar” a mão (B/ D).



Exemplo 2: exercício 1 - o movimento de “abrir” a mão (A/ C);
exercício 2 - o movimento de “fechar” a mão (B/ D).

Furuya, Flanders e Soechting observaram também que os quatro dedos (indicador, médio, anular e mínimo) movem-se separadamente, independentemente do dedo acionado para teclar. Eles selecionaram cerca de 50 melodias utilizando os dedos indicador, médio, anular e mínimo (os movimentos de *preparação do toque*, *ataque* e *escape* são ilustrados em forma de linhas—figura 1) para identificar o tipo de procedimento ocorrido em cada dedo, enquanto outro dedo mantinha acionada a tecla. Verificaram que os movimentos do dedo indicador para tocar

qualquer das melodias eram semelhantes, enquanto para os dedos médio, anular e mínimo, havia três modos diferentes de movimento, dependendo da linha melódica. Além disso, o estudo mostrou que os dedos médio, anular e mínimo não são atraídos pelo movimento do dedo indicador, o que sinaliza o potencial de realizarem com desenvoltura toques tímbricos variados.

De acordo com essa análise do movimento da mão e articulação dos dedos, proponho um exercício de base para aplicação através de uma sequência melódica utilizando o padrão de “abrir” e “fechar” a mão interagindo somente com um dedo que revelou o movimento semelhante para tocar qualquer melodia— o indicador: (a) uma melodia em compasso binário (exemplo 2a/ polegar no tempo forte) e em ternário (exemplo 2b/ polegar no tempo fraco) que se inicia com a mão direita e depois, passa para a mão esquerda—em andamento lento e (b) uma superposição do evento sequencial (de 2a e 2b) das mãos direita e esquerda baseada na análise de dados supracitada de Serrien et al. (2006) e Liuzzi et al. (2011)—em andamento rápido (exemplo 2c).



Exemplo 3: exercícios 2a e 2b - o movimento de “abrir” e “fechar” a mão (com os dedos polegar e indicador); exercício 2c (superposição das linhas melódicas de 2a e 2b).

A partir de 1990, começam a surgir pesquisas experimentais mais detalhadas sobre os movimentos dos dedos, sinalizando que essa “atração” está envolvida com determinados dispositivos cerebrais. As células nervosas que controlam os movimentos de cada dedo compartilham a mesma região cerebral; em outras palavras, não podemos dizer que o neurônio A envia uma instrução para movimentar o dedo indicador enquanto a célula nervosa B comanda o acionamento do dedo anular. Em vez disso, quando a célula nervosa A envia um comando, os dedos médio e anular movem-se juntos. Além disso, quando a célula B entra em ação, a célula C atua ao mesmo tempo, fazendo os múltiplos dedos moverem-se em sincronia (WINGES; SANTELLO, 2005). Assim, a razão da não independência de dedos está relacionada não apenas ao fato de que os tendões e músculos estão acoplados, mas também ao fato de que os neurônios no cérebro não são independentes. E quanto ao polegar? Em língua inglesa, os quatro dedos são denominados *fingers* e o polegar, diferentemente, *thumb*. Em princípio, o polegar não parece estar anatomicamente conectado com os músculos de outros dedos, possibilitando uma movimentação

completamente independente. Entretanto, quando levantamos o polegar, o músculo do dedo mínimo entra em atividade, acionando-o para cima (ROSENKRANZ, 2005). Isto mostra que os dedos são interdependentes devido a características do sistema neural—questões que a literatura tradicional sobre padrões motores da técnica pianística não investigou profundamente.

Considerações finais

A presente comunicação aborda um pequeno avanço em busca de padrões comuns baseado no comportamento corporal do(a) pianista, especificamente relacionado às habilidades neuromotoras, enfocando o papel da independência de dedos como fundamento da otimização da prática pianística. Creio que certos resultados da pesquisa neurocientífica recente podem fundamentar o desenvolvimento técnico-cognitivo do pianista contemporâneo em relação à independência de dedos e à sua capacitação para conseguir distinguir as dimensões concorrentes no ato da performance como ponto de partida e condição básica para a realização de projetos expressivos. Isto deve revelar com mais precisão algumas habilidades de performance que os pianistas de alto nível possuem para minimizar o consumo de energia durante a performance e evitar a fadiga neuromuscular.

Um desenvolvimento mais consistente da pedagogia contemporânea da performance pianística exige do pesquisador a observação sistemática do emprego dos recursos cognitivos e motores na performance e a avaliação do *timing* de ativação de cada movimento corporal, a fim de fundamentar novas práticas de ensino. Entendo, pois, que a pedagogia do piano não pode mais desconsiderar a pesquisa científica em neurociências cognitivas, que vem revelando dados relevantes sobre os processos mente–corpo. Penso que essas ferramentas podem fundamentar o desenvolvimento de novos métodos de capacitação motora, propiciando modelos pedagógicos mais adequados à aquisição de independência de dedos e mãos, recursos básicos aqui reconhecidos como suporte essencial da expressão artística do pianista.

Referências:

- ALTENMULLER, E.; KOPIEZ, R. Suffering for her art: the chronic pain syndrome of pianist Clara Wiek-Schumann. *Frontiers Neurology and Neuroscience* v.27, p. 101–18, 2010.
- AOKI T.; FURUYA S.; KINOSHITA H. Finger-tapping ability in male and female pianists and nonmusician controls, *Motor Control* v.9, n.1, p. 23–39, 2005.
- ARAMAKI, Y.; HONDA M.; OKADA T.; SADATO N. Neural correlates of the spontaneous phase transition during bimanual coordination. *Cerebral Cortex* v.16, n.9, p. 1338–48, 2006.
- BREGMAN, A.S. *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*. Cambridge: The MIT Press, 1990.

- FURUYA, S.; FLANDERS, S.; SOECHTING, J. Hand kinematics of piano playing. *Journal of Neurophysiology* v.106, n.6, p. 2849-64, 2011.
- HÄGER-ROSS, C; SCHIEBER, M. H. Quantifying the independence of human finger movements: comparisons of digits, hands, and movements frequencies. *Journal of Neuroscience* v.20, n.22, p. 8542–50, 2000.
- HALINGER B.; ERHARD, P.; ALTENMÜLLER E.; HENNENLOTTER, A.; SCHWAIGWE, M.; GRÄFIN VON EINSIEDEL, H.; RUMMENY, E.; CONRAD, B.; CEBALLOS-BAUMANN, A. O. Reduced recruitment of motor association areas during bimanual coordination in concert pianists. *Human Brain Mapping* v.22, n.3, p. 206–15, 2004.
- KRAMPE, R.; ERICSSON, K. A. Maintaining excellence: Deliberate practice and elite performance in younger and older pianists. *Journal of Experimental Psychology: General* v.125, p. 331–359, 1996.
- LIUZZI, G.; HÖRNIB, V.; ZIMERMAN, M.; GERLOFF, C., HUMMEL, F. Coordination of uncoupled bimanual movements by strictly timed interhemispheric connectivity. *The Journal of Neuroscience* v.31, n.25, p.9111-9117, 2011.
- MÜNTE, T.F.; ALTENMÜLLER, E.; JÄNKE, L. The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature Review Neuroscience* v.3, n.6, p.473-8, 2002.
- NOGUEIRA, M.V.; MAESHIRO, M. Escuta, gesto e expressão: o papel fundante da escuta na produção sonora em performance pianística. In: LIMA, Sonia Regina Albano de (Org.). *Performance Musical em Perspectiva*. São Paulo: Cartago Editorial, 2019. 10-34.
- PAYNE, V.G.; ISSACS, L.D. *Human Motor Development: a lifespan approach*. 8ª Edição. New York: McGraw-Hill, 2012.
- ROSEN, Charles. *The Romantic Generation*. Harvard University Press, 1995.
- ROSENKRANZ K.; WILLIAMON, A.; CORDIVARI, C.; LEES, A.J.; ROTHWELL, J.C. Pathophysiological differences between musician's dystonia and writer's cramp. *Brain* v.128, n.4, p.918–31, 2005.
- SERRIEN D.J.; IVRY R.B.; SWINNEN S.P. Dynamics of hemispheric specialization and integration in the context of motor control. *Nature Reviews Neuroscience* v.7, n.2, p.160–6, 2006.
- SOECHTING J.F.; FLANDERS, M. Flexibility and repeatability of finger movements during typing: analysis of multiple degrees of freedom. *Journal of Computational Neuroscience* v.4, n.1, p.29–46, 1997.
- WIDMER, Ernst. Bordão e Bordadura. *ART*. Salvador: 004, jan.mar, 1982.
- WINGES, S.A.; SANTELLO, M. From single motor unit activity to multiple grip forces: mini-digit grasping. *Integrative and Comparative Biology* v.45, p.679–82, 2005.

Notas

¹ O termo “bordão” é aqui entendido como um som sustentado, geralmente no registro grave do instrumento e pode ser constituído de um som/dois sons/mais de três sons ou conjunto de faixas sonoras. (WIDMER, 1982: 14–16).

² Em seu *Auditory Scene Analysis* (1990), Albert Bregman propõe um modelo analítico para a experiência auditiva, a partir do processo de agrupação de perceptos que constituem o que denomina “cena auditiva”. Quando os sons são agrupados pelo sistema perceptivo em uma sequência discreta, percebida como distinta de outras sequências concorrentes, cada sequência identificada é denominada um *stream*, um “fluxo auditivo” independente.

³ O termo *comando* aqui é empregado no sentido de uma produção e execução do movimento planejadas de forma consciente e controlada (PAYNE; ISSACS, 2012).