



***A PERFORMANCE MUSICAL NAS ESCOLAS DE
PIANO EUROPEIAS:
CONSTRUINDO UMA ANÁLISE MULTIMODAL***

**Lição a apresentar no âmbito das provas para acesso ao
título de Agregado da
Faculdade de Ciência e Tecnologia
da Universidade Fernando Pessoa**

Sofia Inês Ribeiro Lourenço da Fonseca

Porto, 23 e 24 de janeiro de 2023

Nota Prévia

- 1. Contextualização e antecedentes**
- 2. Objetivos e procedimento**
 - 2.1 Método e participantes**
 - 2.2 A tecnologia Motion Capture (MoCap)**
- 3. Construção de uma análise multimodal**
- 4. Análise de resultados**
 - 4.1 Estudo exploratório**
 - 4.2 Análise dos gráficos e matrizes de movimentos dos pianistas**
 - 4.2.1 Amplitude do movimento cabeça e tronco dos pianistas**
 - 4.2.2 Amplitude do movimento dos braços e mãos dos pianistas**
 - 4.2.3 Análise do critério da utilização do peso do braço na performance ao piano**
 - 4.2.4 Análise do critério do movimento do busto na performance do piano**
- 5. Coda**

Nota prévia

Esta Lição com vista à obtenção do Título de Agregado vem no seguimento de quatro sessões (das 15 que constam no 2o semestre), durante as quais se introduziu o conceito operatório de “Escola de Piano Europeia”, respetivo enquadramento e contextualização. Este itinerário parte de uma abordagem metodológica de âmbito qualitativo através de um estudo comparativo de material em suporte áudio de gravações históricas de pianistas do século XX. A investigação prévia e respetivas conclusões são já do conhecimento e manuseamento analítico dos estudantes, preparando-se assim a introdução à apresentação, discussão e análise do estudo quantitativo que se segue.

Em “A performance musical nas escolas de piano europeias: construindo uma Análise Multimodal”, sistematizamos elementos do gesto de pianistas profissionais a partir de um estudo com captura de movimento, enquadrando os resultados na teorização sobre escolas nacionais de piano.

1. Contextualização e antecedentes

No início do século XXI, audiências e artistas foram confrontados com versáteis práticas de piano originárias de diversas nacionalidades e gerações. Vários estudos demonstram que é possível identificar as principais tendências na *performance* em piano. Estas são geralmente denominadas de Escolas de Piano Nacionais, devido à sua forte correlação com características particulares que parecem partilhar traços comuns entre comunidades de pianistas profissionais. Facetas como a estética, a técnica, a tradição histórica e o repertório escolhido foram estudadas por vários investigadores (Neuhaus, 1981; Kullak, 1994; Leimer & Giesecking, 1998; Timbrell, 1999; Lourenço, 2012). A identificação das principais Escolas Nacionais de Piano, as quais consistem em três ramos essenciais, a Escola Russa, a Escola Francesa e a Escola Alemã (Kaiser, 1989; Rattalino, 2001), vai sendo também referenciada na literatura crítica, sendo possível de afirmar que estas Escolas Nacionais de Piano estão presentes na maior parte das práticas de *performance* do piano no século XX (Lourenço, 2010).

Uma *performance* ao vivo é muito mais do que um evento sonoro, uma vez que os pianistas usam o corpo inteiro para realçar a sua comunicação espiritual, emocional e dramática da música, em conjunto com as contrações musculares e a postura do corpo no geral.

A maioria dos estudos referentes aos descritores de postura corporal da *performance* em piano foram sendo pouco convincentes, quanto à validade e fiabilidade dos métodos, sendo que os resultados destes estudos devem ser interpretados com prudência. Isto significa que é necessária e útil uma investigação metodologicamente mais segura e diversificada. Alguns estudos (Ortmann, 1929) que apontam para o desejo de coordenação de todo o sistema neural com uma resposta correspondente no movimento do tronco, do braço, da mão e dos dedos, explicam a tensão muscular e fixação nas articulações num momento em que o foco foi direcionado para o relaxamento e liberdade de movimento. Outros estudos focam-se no uso do peso do braço nos movimentos do teclado e do braço, bem como na flexibilidade do ombro e do tronco, parte de cima do braço, ombro e tronco (Breithaupt, 1905), uso do peso e relaxamento do braço (Matthay, 1903) e interpretação musical (Matthay, 1913). “Técnicas para além dos dedos” (*techniques other than fingers*) são consideradas como “uma mina de diamantes para o pianista”, pois não há *performance* superlativa que não use todas as possibilidades do seu mecanismo (Whiteside, 1991). A mesma autora considera que os dedos

são apenas a periferia da atividade total envolvida na *performance*, e a ação na periferia não promove a coordenação combinada exigida pelo virtuosismo. É exatamente a mesma resposta rítmica à música que é tão natural na dança e patinagem, que é necessária para uma *performance* emocionante no piano – uma resposta em todo o corpo (Whiteside, 1997).

A recolha de dados será uma ferramenta importante para a comparação de resultados para avaliar e caracterizar *performances* representativas de pianistas experientes e qualificados, a fim de determinar as principais tendências influentes de sua prática de *performance* e, por consequência, da Escola Nacional de Piano à qual poderiam pertencer.

Por outro lado, métodos métricos e instrumentais no campo da investigação musicológica permitem uma análise mais exata da semântica musical. Técnicas como a pesquisa em *Music Information Retrieval* (Tzanetakis, 2004; Bernardini, 2007; Lagrange, 2008) permitem uma melhor noção da prática de *performance* fornecendo uma nova estrutura para o *design* de aplicações, como no *Sonic Interaction Design*, *Content-Based Recommendation Systems* ou *Expressive Generation of Musical Content*. Este projeto pretendeu avaliar objetivamente e caracterizar *performances* representativas de pianistas experientes e qualificados de cada escola de piano, com base num conjunto de características recolhidas usando uma análise multimodal. Acompanhando o trabalho desenvolvido por Lourenço (2012) no que toca à caracterização das Escolas de Piano por meio de uma abordagem musicológica, foi possível analisar e avaliar com precisão os dados métricos reais combinando MIDI, Imagens Vídeo e *High-Resolution Digital Audio*.

2. Objetivos e procedimento

Este projeto aborda o tema da recolha de dados multimodais extensos de medições precisas a partir de *performances* expressivas por músicos qualificados, representando as três Escolas Europeias de Piano. Esta abordagem multimodal foi para além dos estudos de casos tradicionais, uma vez que permite a correlação de dados adquiridos a partir de diferentes fontes com grande potencial para novas perspetivas sobre este estudo específico (ou seja, caracterizar a *performance* em piano de acordo com as Escolas de Piano Europeu). Isto exigirá a instalação equipamentos de áudio sofisticado, MIDI e vídeo para adquirir as diferentes modalidades envolvidas numa *performance* de piano ao vivo e o subsequente armazenamento das informações recolhidas em bases de dados. Para obter com precisão os dados da *performance* de acordo com as especificações do projeto, a UCP e o CITAR – Centro de Investigações já

possuem os equipamentos necessários, tais como MOCAP e um piano acústico com mecanismo de disparo MIDI incorporado (*Yamaha Disklavier*). Acompanha pesquisas anteriores relacionadas com o uso do estilo de atuação de artistas famosos que representam claramente cada uma das Escolas de Piano Europeias identificadas (Lourenço, 2005), e disponíveis nos formatos de CD áudio (ou vídeo). No entanto, isto dependerá da disponibilidade dos métodos computacionais para a recolha com precisão de informações musicais a partir de sinais de áudio, o que ainda é um problema de pesquisa em aberto (Tzanetakis, 2004; Lagrange et al., 2008).

Com estes dados, é possível analisar e processar os descritores adquiridos por modelos computacionais de prospeção de dados, para extrair resultados significativos da correlação do extenso conjunto de dados multimodais. Os resultados que este projeto de investigação procura desenham-se da seguinte forma:

- 1 – Uma melhor compreensão das principais influentes Escolas de Piano Europeias, proporcionada através de uma nova abordagem à análise (multimodalidade), apresentando novos conhecimentos sobre estas técnicas, ajudando os artistas intérpretes a fomentar a exploração de ideias musicais.
- 2 – Uma base de dados de dados multimodal, livremente disponível, da *performance* de pianistas, que cumpra os padrões de indexação e armazenamento amplamente utilizados pela Comunidade Científica Internacional.
- 3 – A disponibilidade de uma prova de aplicação de conceito para demonstrar o potencial da determinação automática da influência das Escolas de Piano dominantes na *performance* em Piano.
- 4 – Uma estrutura nova para o potencial *design* de aplicação em áreas como *Sonic Interaction Design*, *Content-Based Recommendation Systems* ou *Expressive Generative Music*. Para conduzir esta pesquisa segue-se uma abordagem multidisciplinar sobre questões de musicologia, tecnologia, informática, biomecânica, psicologia cognitiva e prática de *performance*.

2.1 Método e participantes

A primeira experiência foi realizada com 9 sujeitos desde os 19 ao 50 anos de idade, com formação profissional em piano clássico. Neste trabalho apresentaremos os resultados mais significativos.

Quatro obras do repertório convencional para piano foram escolhidas para os testes com os 9 pianistas. As obras *Prelúdio* em dó maior BWV 846 (1722), de J.S. Bach, *Sonata* em dó maior, 1o e 2o Movimento, de J. Haydn, *Noturno* em mi bemol maior op. 9 no. 2 (1830- 31), de F. Chopin e *Danseuses de Delphes* (1910), de C. Debussy. O repertório escolhido (de estilos barroco, clássico, romântico e moderno) pretende abranger a diversidade estilística da música para piano *mainstream*, para poder reconhecer as possíveis tendências influentes na sua *performance*. Todos os pianistas interpretaram os mesmos trechos musicais para ser possível elaborar o estudo comparativo em apreço.

2.2 A tecnologia Motion Capture (MoCap)

O Centro de Investigação Científica e Tecnológica das Artes (CITAR) da Universidade Católica do Porto, é a instituição de acolhimento onde foi possível utilizar um sistema de *Motion Capture*, proporcionando as condições ideais para a realização deste projeto.

A investigação teve a duração de 36 meses e incluiu várias tarefas, entre as quais, configuração Multimodal Experimental, *Design* da Configuração Experimental, e sessões do sistema MOCAP, com a respetiva recolha de dados.

Após a fim de Instalação e Configuração do processo de aquisição dos dados MIDI (*Disklavier*) e Sistema de Gravação de Áudio Digital, seguiu-se a aquisição dos dados dos performers, partindo dos testes. Na procura da aferição dos resultados da análise multimodal, procurou-se a produção de um conjunto básico de dados da prova de conceito, assim como a validação e correção a partir dos relatórios de investigadores. Procedeu-se à análise de dados e avaliação, à análise estatística de dados e à avaliação dos resultados.

3. Construção de uma análise multimodal

Para esta investigação, a aplicação da análise multimodal de dados em musicologia é uma abordagem promissora porque permite investigar e examinar dados de diversas dimensões, categorizá-los e resumir as relações identificadas, permitindo assim descobrir padrões ou categorias da prática performativa. Portanto, a metodologia parte de uma análise musicológica articulada com os recentes desenvolvimentos tecnológicos para métodos métricos que permitem uma análise exata do gesto e da semântica musical, aplicando uma abordagem multimodal para capturar a *performance* do pianista a partir da recolha de conjuntos de características especificamente direcionadas a cada Escola de piano. Esta técnica combina a aquisição de:

1. O movimento do dedo e articulação capturados com um interface háptico com um *Disklavier* (Piano Yamaha que fornece dados lógicos sobre a pressão do toque do dedo);
2. Captura de movimento (o que naturalmente inclui a *performance* em si) e limpeza e pós-processamento de dados (podem aparecer como objetos bidimensionais ou tridimensionais) usando MOCAP (*Motion Capture*) para cada pianista analisado;
3. Descritores de postura corporal que relatam a associação capturada por dados biomecânicos recolhidos por sensores aplicados aos músculos posturais do pianista;
4. Descritores do movimento corporal por através de um *software* de análise de vídeo digital;
5. Características da *performance* musical recolhidas através da análise de áudio digital de alta resolução;
6. Características da *performance* Musical obtidas através da realização de questionários baseados nas *performances* de piano adquiridas. Com isto, é possível analisar e processar os descritores através da mineração de dados de modelos computacionais adquiridos para recolher resultados significativos da correlação dos extensos conjuntos de dados multimodais.

4. Análise de resultados

4.1 Estudo exploratório

Os resultados do estudo exploratório mostram uma correlação entre os pianistas que não tocam da mesma maneira na maioria das obras musicais, uma vez que alguns se mostram mais imóveis em algum repertório, e outros que se mostram mais agitados (no mesmo repertório). Esta mesma análise foi feita a partir da base de dados recolhida.

Para a primeira experiência deste projeto, a pós-produção constitui um *work in progress*. Após o pré-processamento destes dados, passamos para uma análise quantitativa importando os dados para o *Matlab*. A extração de características continuou e diferentes percentis calculados sobre as trajetórias de diferentes pontos do corpo em cada eixo permitiram a comparação de pianistas e a identificação das suas Escolas Nacionais de Piano.

A análise métrica de dados e amplitudes (percentis) para cada *performance* de pianista, em cada peça de piano foi considerada segundo os seguintes eixos:

Eixo 1: eixo horizontal ao longo do teclado, da esquerda para a direita (articulações movendo-se para a esquerda e para a direita, em relação ao teclado);

Eixo 2: eixo horizontal perpendicular ao primeiro (articulações movendo-se para a frente e para trás, em relação ao teclado);

Eixo 3: eixo vertical (articulações movendo-se para cima e para baixo).

4.2. Análise dos gráficos e matrizes de movimentos dos pianistas

Para a correta leitura dos gráficos seguintes, será importante esclarecer alguns conceitos utilizados pelos investigadores neste projeto. O percentil 90% é o intervalo centrado na mediana da amostra, cobrindo 90% dos dados da amostra. Para cada articulação, o percentil é calculado, ignorando os fotogramas não capturados. No Gráfico 1, abaixo, mostra-se as amplitudes de movimento para a análise mais extremada e contrastante dos pianistas dos resultados do trabalho de Bach. Cada coluna representa a amplitude (percentil 90%) de uma articulação, da parte superior do corpo, num eixo. A observação destes gráficos para os nove

pianistas permitiu notar que as amplitudes mais variadas foram o busto (cabeça, pescoço, tronco e ombros) nos eixos x e y, e os braços (cotovelos e mãos) no eixo z. De acordo com este gráfico, o Pianista 1 é o mais imóvel e pode ser categorizado na Escola de Interpretação Francesa. Por oposição, o Pianista 5 é o mais agitado e parece usar mais a técnica de braço-peso, típica da Escola de Interpretação Russa, mais próxima de uma fisicalidade ao teclado, como refere Lourenço (2005, 2011, 2012) nos seus diversos estudos sobre Escolas Nacionais Europeias de Piano. Apresentam-se de seguida os resultados.

J. S. Bach: Prelúdio em dó maior BWV 846

Os gráficos mostram amplitudes (percentis) para cada pianista em cada peça interpretada, do ponto de vista dos eixos x, y, z, respeitando o percentil, e calculado para cada articulação, ignorando dificuldades de captura. Para as articulações mal registadas o percentil não é mostrado.

Gráfico 1: Amplitude de movimento (percentil x, y, z) – Pianista 1

Gráfico 3: Amplitude de movimento (percentil x, y, z) – Pianista 3

Gráfico 2: Amplitude de movimento (percentil x, y, z) – Pianista 2

Gráfico 4: Amplitude de movimento (percentil x, y, z) – Pianista 4

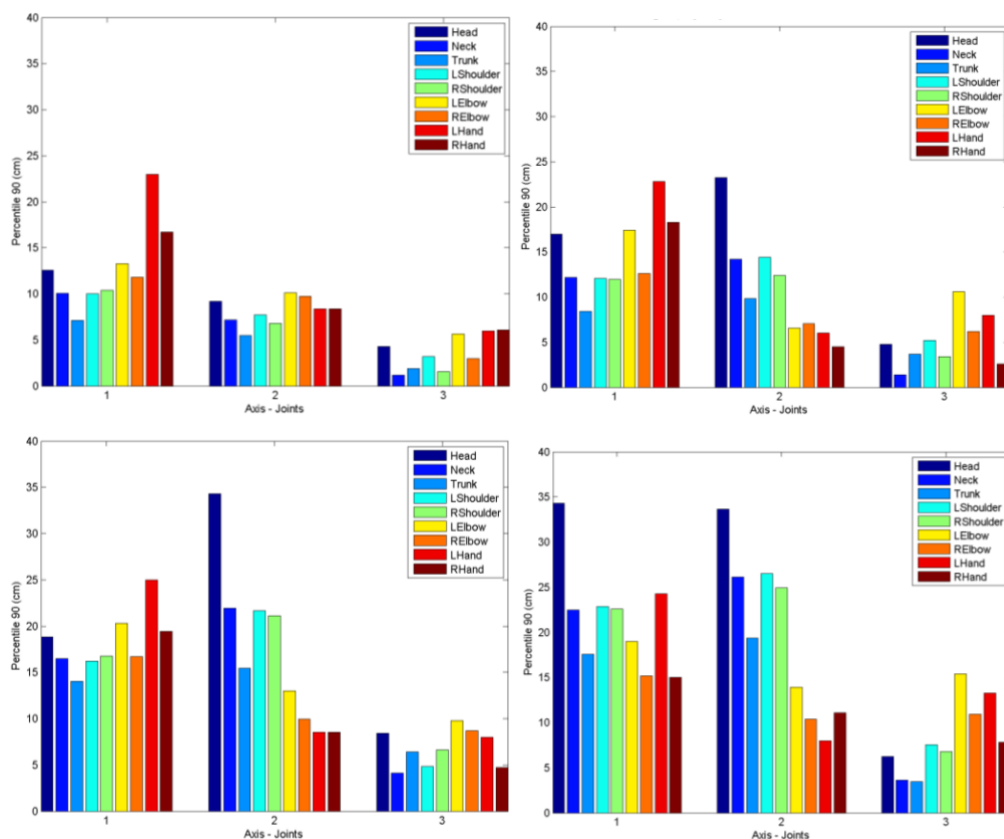
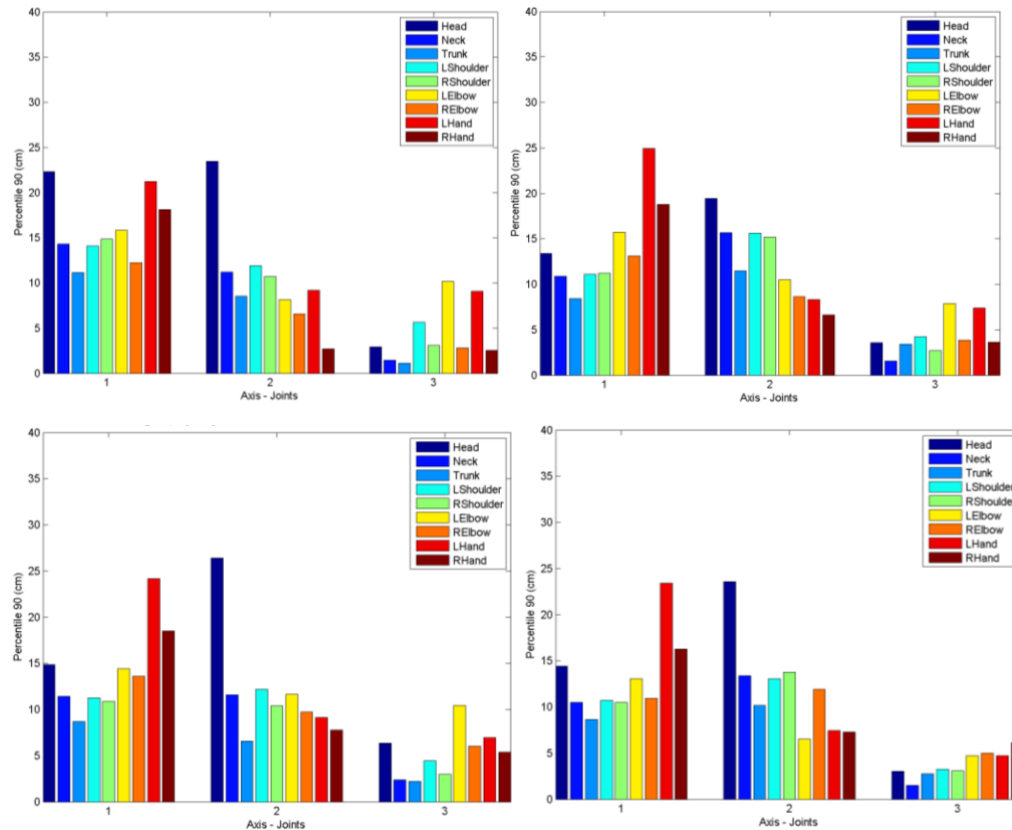


Gráfico 5: Amplitude de movimento (percentil x, y, z) – Pianista 5

Gráfico 7: Amplitude de movimento (percentil x, y, z) – Pianista 7

Gráfico 6: Amplitude de movimento (percentil x, y, z) – Pianista 6

Gráfico 8: Amplitude de movimento (percentil x, y, z) – Pianista 8



Alguns cálculos podem ser feitos para comparar estes gráficos na generalidade, sendo que no que diz respeito às distâncias entre cada gráfico, partiu-se da soma das diferenças entre cada percentil de dois participantes, tendo ainda os dados sido reduzidos primeiro para cada articulação ter o mesmo peso no processo. O cálculo foi antes feito separadamente para cada eixo fornecendo as matrizes nas Tabelas 1 a 3.

Tabela 1: Eixo 1 (x)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0.7248	1.4061	2.3146	1.0814	0.6347	0.5265	0.3691
2	0.7248	0	0.9734	1.9940	0.5556	0.5845	0.4860	0.6070
3	1.4061	0.9734	0	1.5202	0.9760	1.1322	1.1640	1.1604
4	2.3146	1.9940	1.5202	0	1.9240	2.2134	2.0600	2.4852
5	1.0814	0.5556	0.9760	1.9240	0	1.0236	0.9250	0.9874
6	0.6347	0.5845	1.1322	2.2134	1.0236	0	0.2853	0.6057
7	0.5265	0.4860	1.1640	2.0600	0.9250	0.2853	0	0.4811
8	0.3691	0.6070	1.1604	2.4852	0.9874	0.6057	0.4811	0

Para uma comparação global a soma destas matrizes foi processada, originando os resultados que se seguem na Tabela 4.

Tabela 2: Eixo 2 (y)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	1.2713	1.7756	2.0758	1.1636	1.0629	0.7970	0.8804
2	1.2713	0	1.4093	2.0009	0.6532	0.7250	1.0559	0.7967
3	1.7756	1.4093	0	0.7681	1.3561	0.9518	1.1108	1.4895
4	2.0758	2.0009	0.7681	0	2.1065	1.4494	1.5677	1.6610
5	1.1636	0.6532	1.3561	2.1065	0	0.7697	0.6376	1.0207
6	1.0629	0.7250	0.9518	1.4494	0.7697	0	0.7299	0.9075
7	0.7970	1.0559	1.1108	1.5677	0.6376	0.7299	0	0.7467
8	0.8804	0.7967	1.4895	1.6610	1.0207	0.9075	0.7467	0

Tabela 3: Eixo 3 (z)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0.9553	1.7270	2.3240	0.9304	0.8135	0.9326	0.3699
2	0.9553	0	1.1279	1.7846	0.3880	0.6765	0.5853	0.9357
3	1.7270	1.1279	0	1.1117	1.4000	1.2197	0.8371	1.6793
4	2.3240	1.7846	1.1117	0	1.9922	1.8960	1.4912	2.2788
5	0.9304	0.3880	1.4000	1.9922	0	0.6565	0.8988	0.9128
6	0.8135	0.6765	1.2197	1.8960	0.6565	0	0.6903	0.8236
7	0.9326	0.5853	0.8371	1.4912	0.8988	0.6903	0	0.8995
8	0.3699	0.9357	1.6793	2.2788	0.9128	0.8236	0.8995	0

Tabela 4: Resultados da soma das matrizes eixos x, y, z

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	2.9514	4.9087	6.7143	3.1754	2.5111	2.2561	1.6194
2	2.9514	0	3.5107	5.7795	1.5968	1.9860	2.1271	2.3393
3	4.9087	3.5107	0	3.4000	3.7320	3.3037	3.1119	4.3293
4	6.7143	5.7795	3.4000	0	6.0226	5.5588	5.1189	6.4251
5	3.1754	1.5968	3.7320	6.0226	0	2.4498	2.4614	2.9209
6	2.5111	1.9860	3.3037	5.5588	2.4498	0	1.7056	2.3369
7	2.2561	2.1271	3.1119	5.1189	2.4614	1.7056	0	2.1272
8	1.6194	2.3393	4.3293	6.4251	2.9209	2.3369	2.1272	0

Estas matrizes podem ser lidas da maneira seguinte: o valor na coluna i e na linha j é a distância entre os pianistas i e j. (A matriz é assim simétrica). Por exemplo, os gráficos mais próximos estão entre os Pianistas 2 e 5 (distância de 1,5968), e os gráficos mais diferentes estão entre 1 e 4 (distância de 6,7143). Se focarmos apenas no eixo z, a distância é menor entre os Pianistas 6 e 7.

Esta é uma primeira análise, sendo que outros resultados poderiam ser encontrados calculando distâncias somente na cabeça, nas articulações do tronco (pescoço, tronco, ombros), ou apenas em cada braço. Sendo que todas as articulações do tronco se movimentam juntas, estas estão naturalmente muito correlacionadas, ao contrário dos braços.

A observação dos gráficos pode ainda mostrar mais algumas diferenças entre os pianistas participantes, nomeadamente no que diz respeito a cabeça e tronco, e braços e mãos, como se descreve a seguir.

4.2.1 Amplitude do movimento cabeça e tronco dos pianistas

Os eixos mais interessantes e que podem conter mais informação são x e y (esquerda- direita e para trás). Z (movimento ascendente) é menos interessante. O Pianista 1 não move muito a cabeça nem o tronco. O Pianista 2, os Pianistas 5, 7 e 8 movem um pouco mais, especialmente a cabeça para trás e para a frente. O Pianista 6 *idem*, mas não especialmente a cabeça. O Pianista 3 move muito o seu tronco para trás e para a frente, para a esquerda e para a direita e a sua cabeça especialmente para trás e para frente. O Pianista 4 move muito, ainda mais do que 3, a cabeça e o tronco para trás e para a frente, à esquerda e à direita.

De facto, as matrizes de distância mostram que os Pianistas 3 e 4 são muito diferentes dos outros. As maiores distâncias são vistas nas colunas (ou linhas, como as matrizes são simétricas) 3 e 4. Para além disso, a mínima da 4a coluna está entre os Pianistas 3 e 4, o que significa que eles estão mais próximos um do outro do que os outros pianistas. Se compararmos os gráficos dos Pianistas 3 e 4 vemos que eles são bastante semelhantes (especialmente no eixo y), mas não no eixo x (esquerda-direita) onde o Pianista 4 se move mais, especialmente a cabeça.

Outra coluna com grandes distâncias é a coluna 1 (Pianista 1). É também um pianista com um estilo bastante extremo, pois mexe muito pouco (ao contrário dos Pianistas 3 e 4. O Pianista mais semelhante a 1 é 8 (especialmente nos eixos x e z), e os Pianistas mais diferentes de 1 são, naturalmente, o 3 e, especialmente, o 4.

4.2.2 Amplitude do movimento dos braços e mãos dos pianistas

Para esses membros o eixo x (esquerda-direita) é muito restringido pela peça. Os gráficos são assim bastante semelhantes para cada pianista no eixo x (especialmente para as mãos). O eixo Y é um pouco mais interessante, mas é ainda um pouco restringido pela obra musical. O eixo Z (*up-down*) é talvez o mais interessante para analisar aqui.

No eixo y podemos observar e notar algumas diferenças no movimento das mãos: o Pianista 5 mexe muito mais a sua mão esquerda do que a mão direita para trás e para a frente. A maioria dos outros pianistas move apenas um pouco mais uma mão do que a outra (Pianistas 2, 3, 5, 6 e 7 movem mais a esquerda do que a direita, e os Pianistas 1, 4 e 8, mais a direita do que a esquerda). Em geral o Pianista 2 move menos as mãos do que todos os outros.

No eixo z podemos constatar que o Pianista 4 (novamente) se move mais do que os outros pianistas, e também que a maioria dos pianistas move mais os cotovelos do que as mãos (Pianistas 2 a 7). Isto está provavelmente ligado à técnica do braço-peso (ao estilo da Escola Russa). Para todos estes pianistas, esta técnica é mais visível no braço esquerdo do que no braço direito. As duas exceções a essa regra são os Pianistas 1 e 8, que movem mais as mãos do que os cotovelos (estilo francês). E para ambos estes pianistas a mão direita move-se um pouco mais do que a mão esquerda.

Em conclusão, são observáveis várias semelhanças e diferenças interessantes entre estes pianistas. O Pianista 1 move-se menos do que todos os outros (mais francês). O Pianista mais semelhante a 1 é 8, que move um pouco mais o seu busto e, especialmente, a sua cabeça para frente e para trás. O Pianista 4 é o pianista mais identificável com a Escola Russa, movendo muito os seus braços para cima e para baixo e o seu busto e cabeça em todas as direções. O Pianista 3 é o mais próximo dele, especialmente no que diz respeito aos seus movimentos do busto e da cabeça no eixo y (e um pouco no eixo x) e pela sua técnica de braço-peso.

Os outros pianistas usam mais ou menos a técnica do braço-peso e alguns movem um pouco mais ou um pouco menos o busto e/ou a cabeça, de forma menos assinalável para o âmbito deste estudo exploratório.

Foi ainda elaborado um PCA (*Principal Component Analysis*) destes gráficos, que se mostra no Gráfico 9.

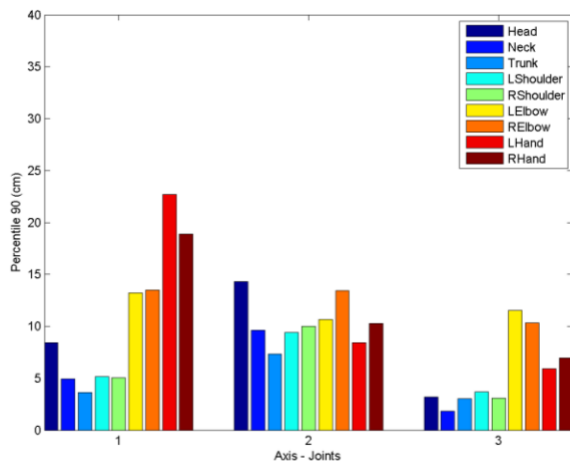
Gráfico 9: PCA dos 8 pianistas em análise

Após o PCA, os 8 pianistas são comparados utilizando apenas 5 componentes principais (95% da informação é retida). O primeiro componente (62% da informação) corresponde perfeitamente às observações feitas anteriormente: o Pianista 1 é um extremo (identificado com a Escola Francesa) e o Pianista 4 é o outro extremo (identificado com a Escola Russa). O

Pianista 3 está mais próximo de 4 do que dos outros, e o Pianista 8 está muito próximo do Pianista 1. Os outros quatro pianistas estão no meio, e as semelhanças ou diferenças mais subtis são encontradas nos próximos componentes. Os componentes 2 e 3 (13% e 10% da informação) mostram, por exemplo, que o Pianista 2 está mais próximo do Pianista 5 e o Pianista 6 do Pianista 7.

Foi entretanto realizada uma atualização ao estudo: o Pianista 3 foi adicionado ao grupo de sujeitos de investigação do estudo, e um 9o pianista foi adicionado à base de dados. Para manter a ordem alfabética dos pianistas, o Pianista 3 torna-se o terceiro na lista, e todos os próximos são consequentemente deslocados, até ao número de 9. No Gráfico 10, que se segue, apresentam-se os resultados do Pianista 9.

Gráfico 10: Amplitude de movimento (percentil x, y, z) – Pianista 9



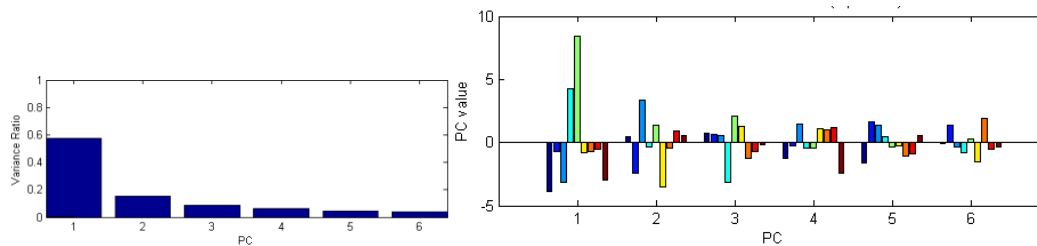
O gráfico mostra que o Pianista 3 não move muito a cabeça e o busto. Neste aspeto ele é muito semelhante a 1. Por outro lado, ele parece mover os braços para cima e para baixo de uma maneira mais identificável com a Escola Russa, e nesse aspeto é muito mais semelhante ao Pianista 5. Um nova matriz é elaborada, conforme Tabela 5, que se segue.

Tabela 5: Resultados da soma das matrizes eixos x, y, z (incluindo 9 pianistas)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	2.9389	2.5130	4.8818	6.6444	3.1313	2.5520	2.2963	1.6141
2	2.9389	0	3.3376	3.5355	5.7057	1.5898	2.0048	2.1412	2.3050
3	2.5130	3.3376	0	4.8954	6.2249	3.5681	2.8843	2.2314	2.4422
4	4.8818	3.5355	4.8954	0	3.3430	3.7586	3.2535	3.0631	4.2871
5	6.6444	5.7057	6.2249	3.3430	0	5.9649	5.4470	5.0362	6.3750
6	3.1313	1.5898	3.5681	3.7586	5.9649	0	2.4318	2.4104	2.8533
7	2.5520	2.0048	2.8843	3.2535	5.4470	2.4318	0	1.7213	2.3487
8	2.2963	2.1412	2.2314	3.0631	5.0362	2.4104	1.7213	0	2.1585
9	1.6141	2.3050	2.4422	4.2871	6.3750	2.8533	2.3487	2.1585	0

A média da matriz é de 3,059 e a coluna do Pianista 3 é a terceira. Esta coluna mostra que o Pianista 3 é muito diferente do Pianista 5, uma vez que não move a cabeça e o busto. O Pianista mais próximo de 3 é o 8. Uma comparação de seus gráficos, mostra que ambos tocam de uma maneira bastante russa, no ponto de vista do braço-peso, e ambos têm um busto ainda bastante imóvel. A principal diferença entre eles é que 8 move muito a cabeça e 3 não. O PCA sobre os nove pianistas mostra-se na Gráfico 11.

Gráfico 11: PCA dos 9 pianistas em análise



O primeiro componente perdeu um pouco de importância (57% da informação, 61% antes). No primeiro componente podemos ver que o Pianista 3 está realmente próximo do Pianista 1 e do Pianista 9, o que significa que o primeiro componente está bastante ligado ao critério do busto e não ao critério do braço-peso (está realmente bastante ligado à amplitude geral de cada articulação, em todos os sentidos).

Análise de critérios de busto e do peso-braço no Prelúdio em dó maior BWV 846

Uma distinção pode ser feita entre dois principais critérios de comparação encontrados na parte anterior, designadamente, o critério do busto (eixos x e y do pescoço, tronco e ombros), e o critério do peso-braço (eixo z dos dois cotovelos e ambas as mãos). Para obter essa distinção, duas matrizes de distância separadas foram processadas, cada uma com base num critério.

4.2.3 Análise do critério da utilização do peso do braço na performance ao piano

O critério do peso do braço apresenta as métricas, conforme distâncias do critério do peso-braço, que se mostram na Tabela 6.

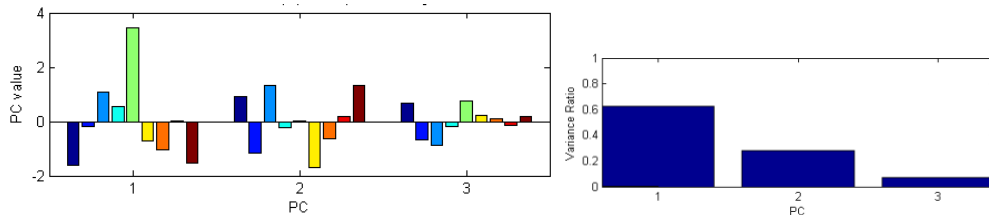
Tabela 6: Critério do peso do braço*

* Média = 1,0393, máx = 2,4177 (entre 1 e 5), min = 0,3056 (entre 1 e 9).

De acordo com o critério de peso-braço, conclui-se que o Pianista 3 está próximo do Pianista 8, depois do 4 e depois do 5. Um PCA baseado nos dados de braço-peso resulta no Gráfico 12.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1.3814	1.2480	1.2926	2.4177	1.2140	0.7987	0.8877	0.3056
2	1.3814	0	1.2079	0.5884	1.9628	0.4256	0.5827	0.4938	1.3470
3	1.2480	1.2079	0	0.9099	1.1697	1.6335	1.4159	0.7564	1.2190
4	1.2926	0.5884	0.9099	0	1.4934	0.7834	0.7984	0.5050	1.2582
5	2.4177	1.9628	1.1697	1.4934	0	2.1820	2.2918	1.7147	2.3887
6	1.2140	0.4256	1.6335	0.7834	2.1820	0	0.5593	0.8771	1.5141
7	0.7987	0.5827	1.4159	0.7984	2.2918	0.5593	0	0.6595	0.9548
8	0.8877	0.4938	0.7564	0.5050	1.7147	0.8771	0.6595	0	0.8532
9	0.3056	1.3470	1.2190	1.2582	2.3887	1.5141	0.9548	0.8532	0

Gráfico 12: PCA dos 9 pianistas segundo o critério do peso do braço



O 1o PC (62,5% das informações) mostra agora que o Pianista 3 está de acordo com a Escola Russa, no que diz respeito ao critério do braço-peso. No entanto, de acordo com o 2o PC (28,3% da informação) o Pianista 3 não está tão longe do Pianista 1 e do Pianista 9. Isto é provavelmente devido ao facto que as suas mãos se movem da mesma maneira. Igualmente, a mão direita do Pianista 3 move mais do que a esquerda. O PCA com o critério do braço-peso mostra que este critério não é tão evidente já que tem dois PCs significativos. Das projeções dos participantes nos três primeiros PCs resultam os Gráficos 13 a 15.

Gráfico 13: Amplitude de movimento (percentil x, y, z) – Pianista 7

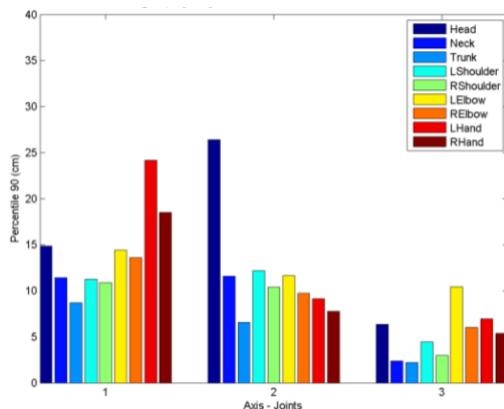


Gráfico 14 Amplitude de movimento (percentil x, y, z) – Pianista 8

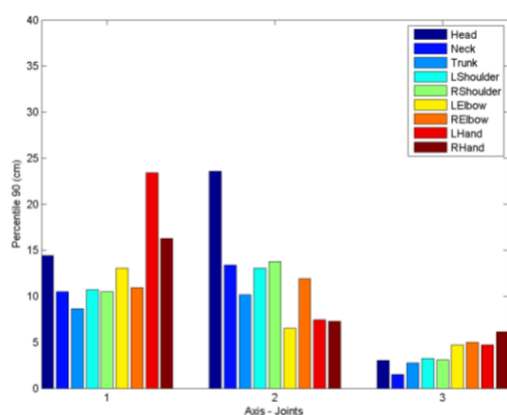
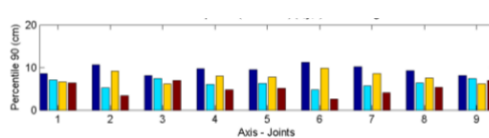
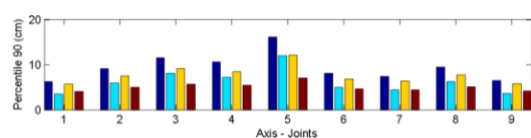


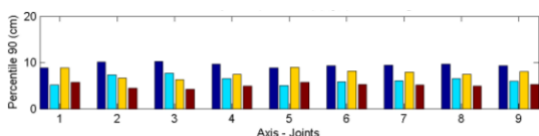
Gráfico 15: PCA 1, 2 e 3- Amplitude de movimento – critério do peso do braço

PC1*

PC2



PC3



* Cada conjunto de 4 barras representam o cotovelo esquerdo, cotovelo direito, mão esquerda e mão direita, por essa ordem).

A interpretação dos PCs é a seguinte:

1. PC1 (62,5% da informação): amplitude geral dos braços.
2. PC2 (28,3% da informação): diferença entre as amplitudes do braço esquerdo e do braço direito (barras 1 e 3 v barras 2 e 4).
3. PC3 (7,3% da informação): diferença entre as amplitudes dos cotovelos e as amplitudes das mãos (barras 1 e 2 v barras 3 e 4).

A técnica do braço-peso pode assim ser dividida nestes três subcritérios importantes. PC2 é também de facto interessante numa perspectiva artística. A importância de uma mão em relação à outra, ou seja, o equilíbrio geral de notas graves e notas agudas, pode ser uma característica importante da sonoridade de uma peça e pode ser um cunho de um pianista.

Se olharmos para o gráfico anterior com os valores do PC, o 2o PC mostra que o Pianista 3 está próximo do Pianista 1 e do Pianista 9 de acordo com o segundo subcritério: movem o braço direito tanto como o braço esquerdo.

Critério do busto

Quanto ao critério do busto, mostram-se os resultados na Tabela 7.

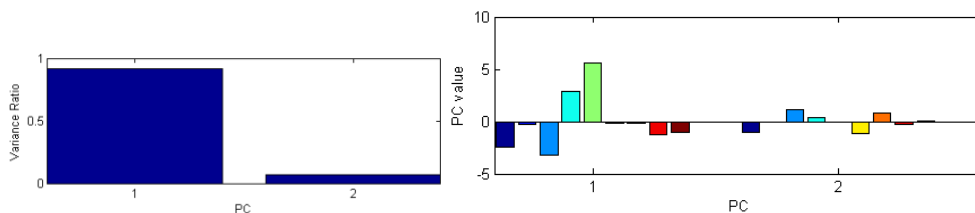
Tabela 7: Resultados da distância relativa ao critério do busto*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0.7518	0.7360	1.8693	2.8357	0.7912	0.7899	0.4217	0.5017
2	0.7518	0	1.0488	1.1175	2.0838	0.3894	0.3001	0.3302	0.3098
3	0.7360	1.0488	0	2.1663	3.1326	1.0881	1.0868	0.7186	0.8451
4	1.8693	1.1175	2.1663	0	0.9663	1.0781	1.0795	1.4477	1.3677
5	2.8357	2.0838	3.1326	0.9663	0	2.0445	2.0458	2.4140	2.3340
6	0.7912	0.3894	1.0881	1.0781	2.0445	0	0.6894	0.3960	0.5602
7	0.7899	0.3001	1.0868	1.0795	2.0458	0.6894	0	0.4236	0.3597
8	0.4217	0.3302	0.7186	1.4477	2.4140	0.3960	0.4236	0	0.2321
9	0.5017	0.3098	0.8451	1.3677	2.3340	0.5602	0.3597	0.2321	0

*Média = 1.0062, máx = 3.1326 (entre Pianista 3 e Pianista 5), min = 0.2321 (entre Pianista 8 e Pianista 9).

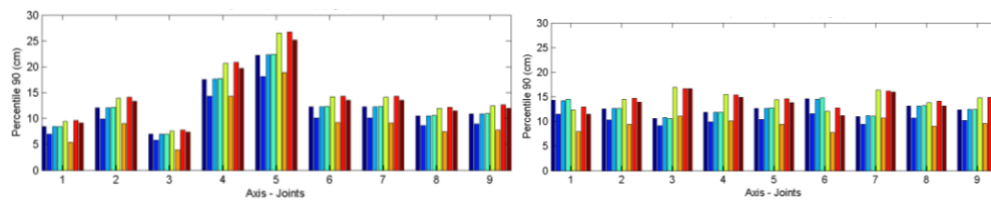
De acordo com o critério do busto, o Pianista 3 está agora muito distante do Pianista 5 e do Pianista 4. Ele está mais próximo do Pianista 8, do Pianista 1 e do Pianista 9. De um PCA baseado nos dados do busto, resulta o Gráfico 16.

Gráfico 6: PCA relativo ao critério do busto



Neste caso, o 1o PC é claramente dominante (92% da informação) e indica aqui que o Pianista 3 é um extremo e o Pianista 5 é outro extremo. O Pianista 1, o Pianista 8 e o Pianista 9 estão próximos do Pianista 3 (busto imóvel), e o Pianista 4 é muito próximo do Pianista 5. As projeções dos participantes nos dois primeiros PCs estão no Gráfico 17.

Gráfico 7: Principal Component 1 e 2 – Amplitude de movimento – critério do busto (as 4 primeiras barras são o pescoço, o tronco, o ombro esquerdo, o ombro direito no eixo x, 4 últimas barras idem no eixo y)



A interpretação destes PCs anota os seguintes resultados:

- PC1 (92% da informação): amplitudes gerais (eixos x e y) de busto.
- PC2 (7% da informação): diferença entre os dois eixos (busto movendo mais para a esquerda e para a direita (eixo x), ou para trás e para a frente (eixo y)).

F. Chopin: *Noturno op. 9 no 2*

No seguimento da análise de dados sobre as interpretações do *Prelúdio* BWV 846 de J. S. Bach, procedeu-se ao estudo comparativo dos dados obtidos nos testes com os 9 pianistas no *Noturno* Op. 9, no 2, de Chopin. Foram assim recolhidos os resultados que passam a mostrar-se nos gráficos.

Percentis em Bach em comparação com percentis em Chopin

Gráfico 18: Pianista 1 – Bach

Gráfico 19: Pianista 1 – Chopin

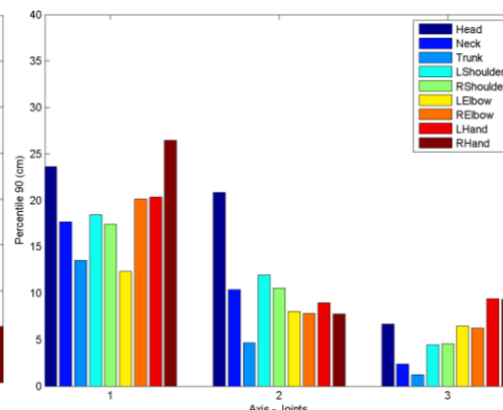
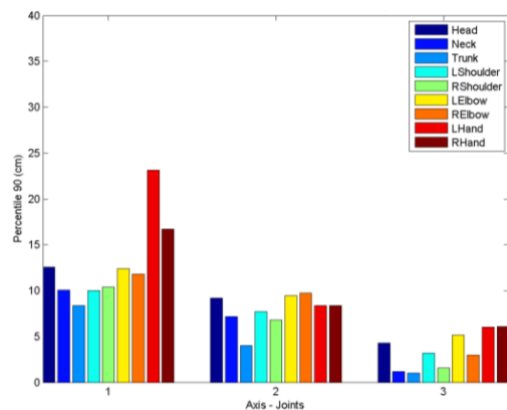


Gráfico 20: Pianista 2 – Bach

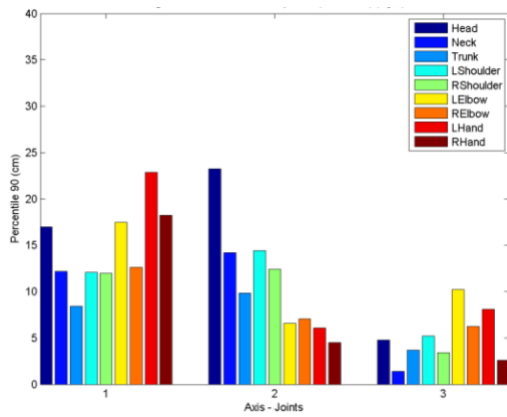


Gráfico 21: Pianista 2 – Chopin

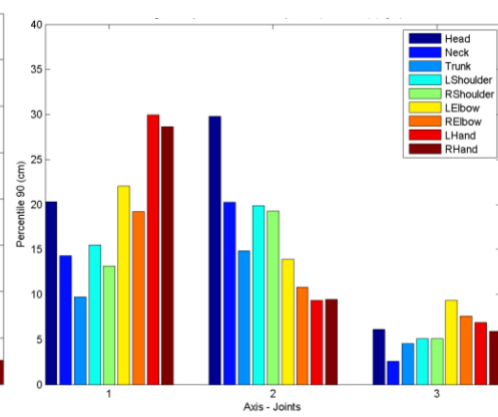


Gráfico 22: Pianista 3 – Chopin

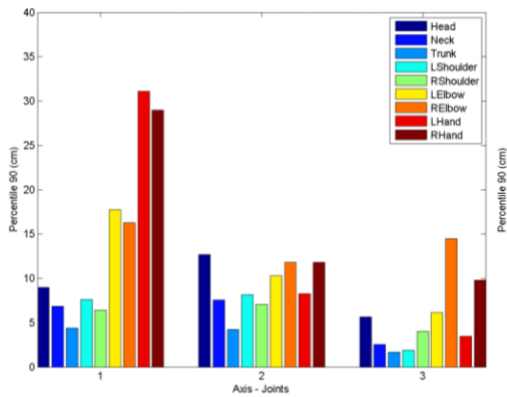


Gráfico 23: Pianista 3 - Chopin

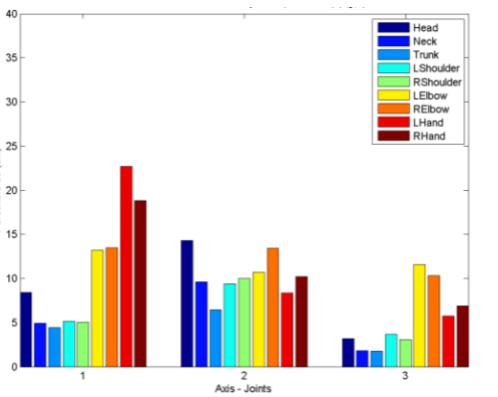


Gráfico 24: Pianista 4 – Bach

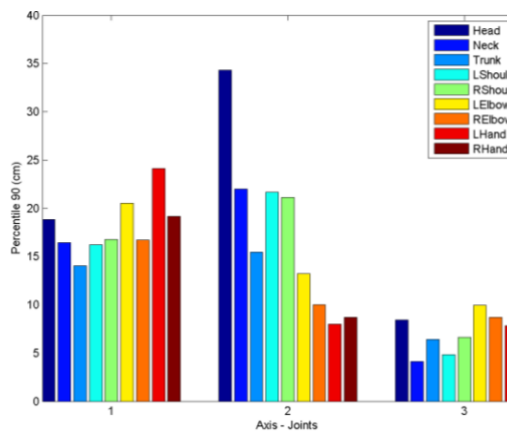


Gráfico 25: Pianista 4 – Chopin

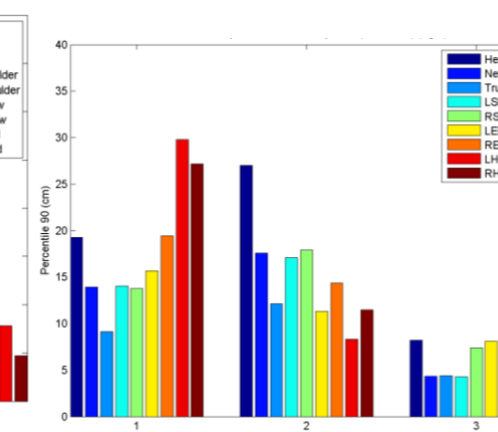


Gráfico 26: Pianista 5 – Bach

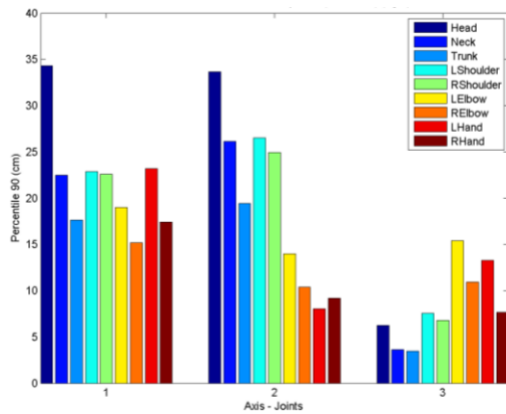


Gráfico 27: Pianista 5 – Chopin

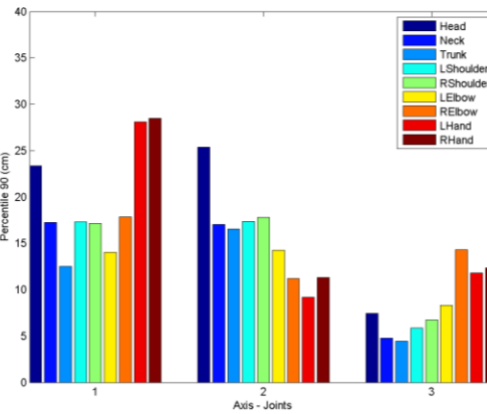


Gráfico 28: Pianista 6 – Bach

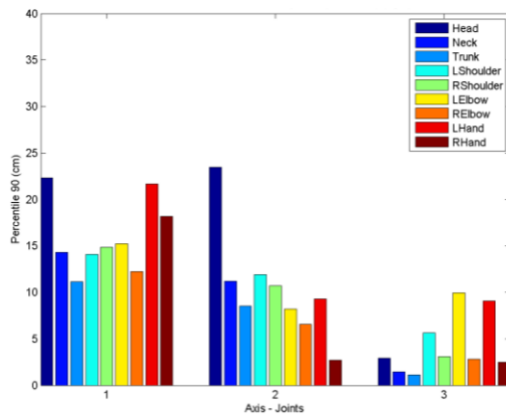


Gráfico 29: Pianista 6 – Chopin

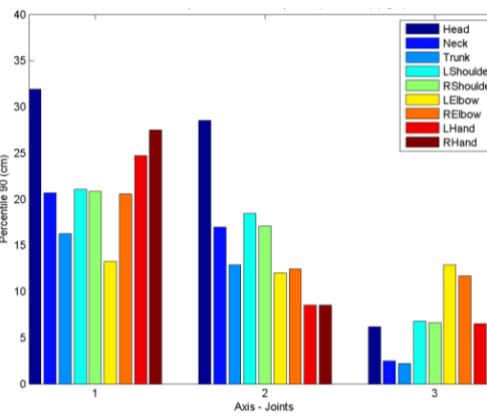


Gráfico 30: Pianista 7 – Bach

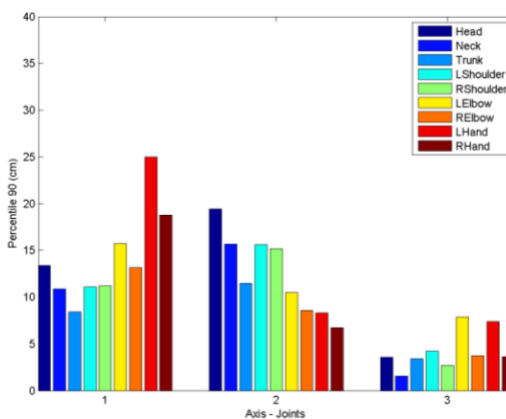


Gráfico 31: Pianista 7 – Chopin

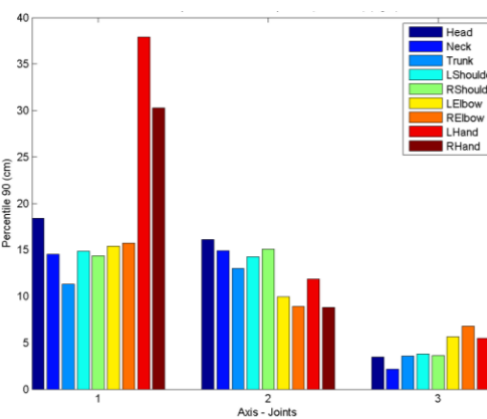


Gráfico 32: Pianista 8 – Bach

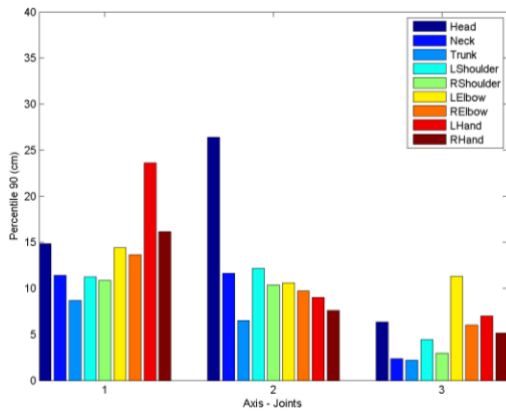


Gráfico33: Pianista 8 – Chopin

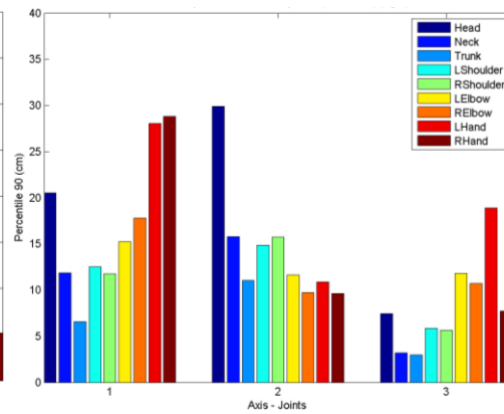


Gráfico 34: Pianista 9 – Bach

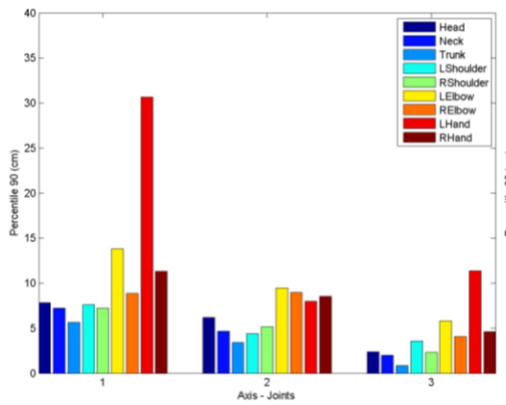


Gráfico 35: Pianista 9 – Chopin

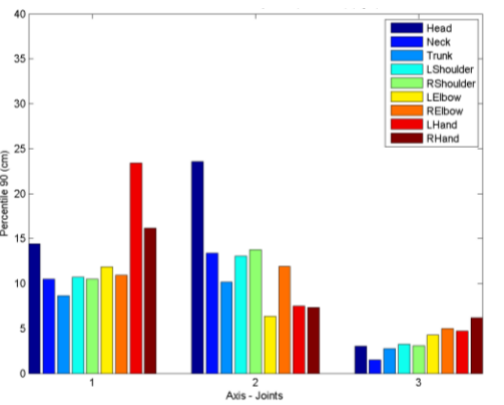


Gráfico 36: PCA – 9 pianistas

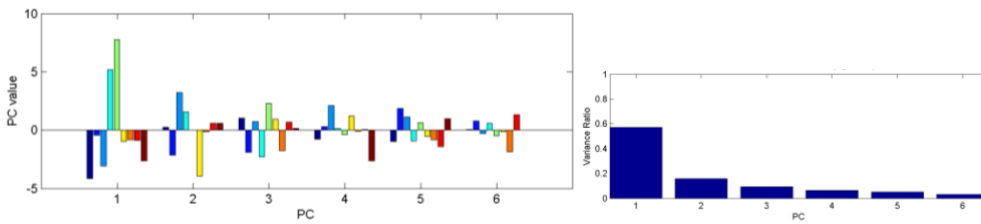


Gráfico 37: PCA – critério peso do braço 1

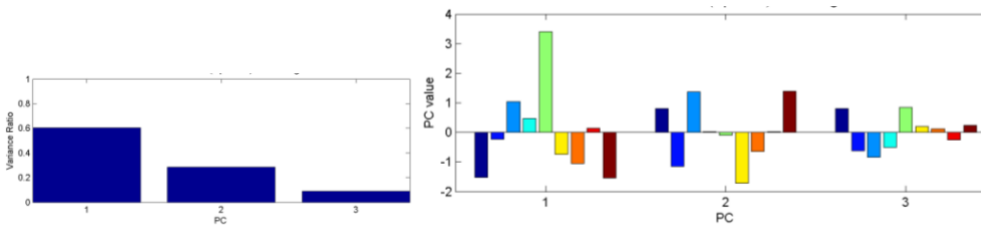


Gráfico 38: PCA – critério peso do braço 2

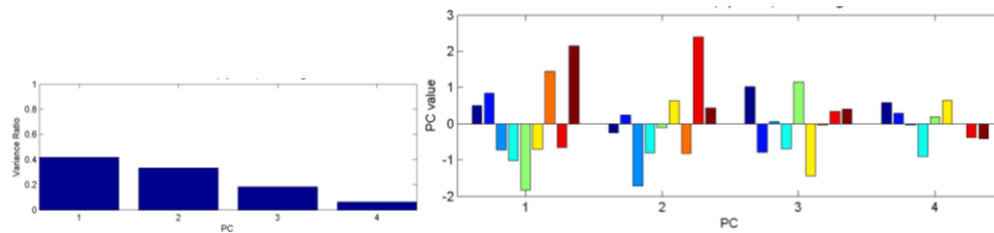


Gráfico 39: Amplitude de movimento (percentil x, y, y) – Pianista 7

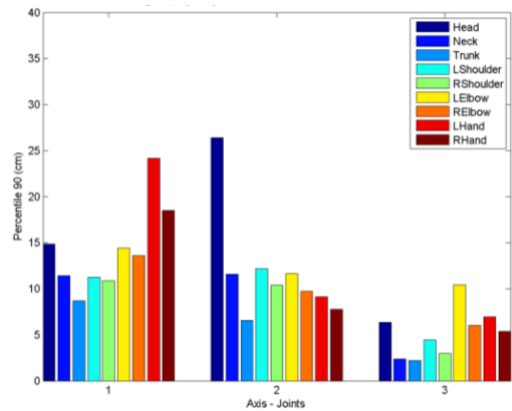


Gráfico 40: Amplitude de movimento x, y, z)– Pianista 8

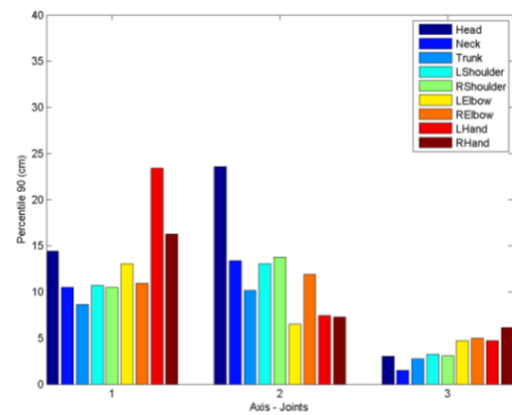
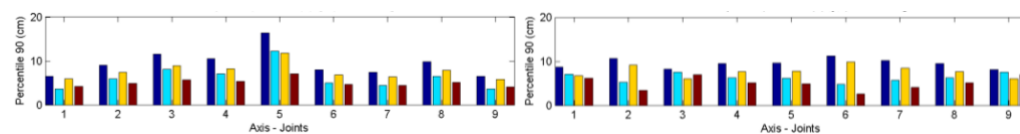


Gráfico 41: *Principal component 1, 2 e 3* – Amplitude de movimento – critério do peso do braço (as 4 primeiras barras são o pescoço, o tronco, o ombro esquerdo, o ombro direito no eixo x, 4 últimas barras idem no eixo y)

PC1

PC2



PC3

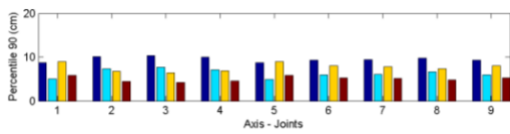


Gráfico 42: Principal component 1, 2 e 3 – Amplitude de movimento – critério do peso do braço (as 4 primeiras barras são o pescoço, o tronco, o ombro esquerdo, o ombro direito no eixo x, 4 últimas barras idem no eixo y)

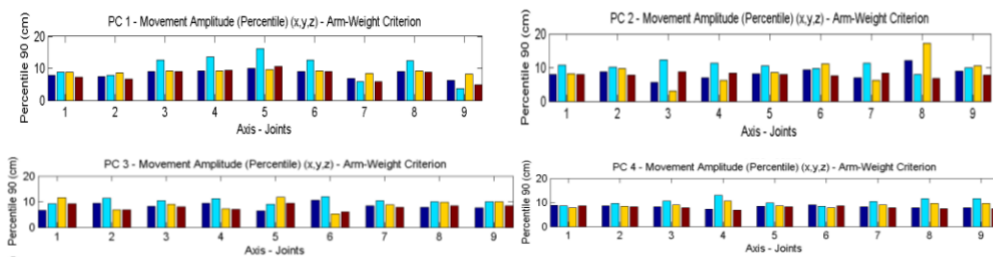


Gráfico 43: PCA – critério do busto 1

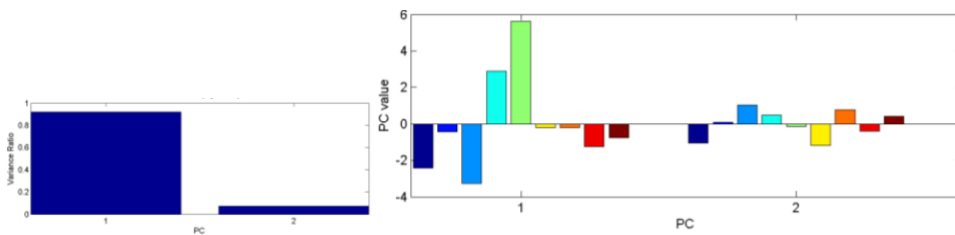


Gráfico 44: PCA – critério do busto 2

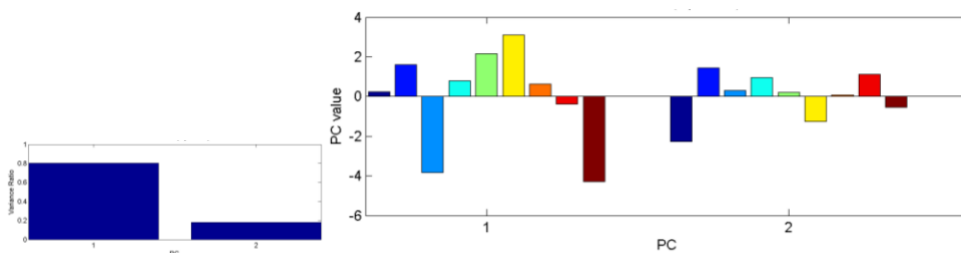
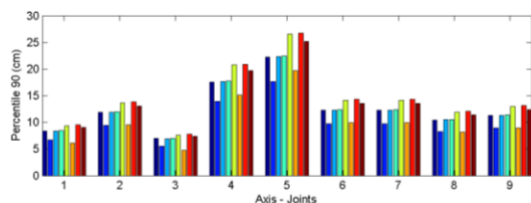


Gráfico 45: PCA 1 – Amplitude de movimento (percentil x, y, z), critério do busto

PC1



PC2

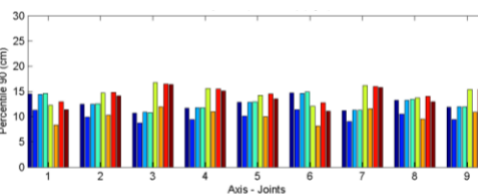
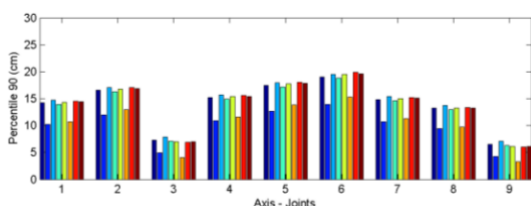
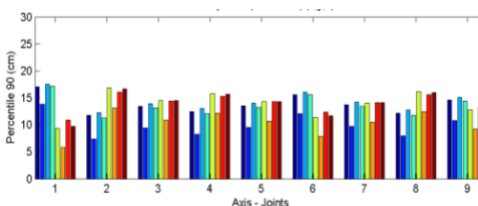


Gráfico 46: PCA 2 – Amplitude de movimento (percentil x, y, z), critério do busto

PC1



PC2



Relativamente à análise de resultados, o PCA geral fornece valores próprios comparáveis: os dados estão bem representados com 6 PCs. O primeiro PC diminui para 48,5% e os PCs seguintes são mais importantes, o que significa que a comparação dos pianistas é mais subtil em Chopin do que em Bach (ou que a qualidade dos dados é inferior e mais versátil).

O PCA no critério do peso-braço não é comparável em ambas as peças. Pode também ser devido ao facto que os movimentos de braços em Chopin são muito mais variáveis do que no *Prelúdio* BWV 846 de Bach. O resultado em Chopin mostra que poderá ser um bom critério de comparação, se se juntarem 4 componentes para representar dados de 4 dimensões.

Quanto ao PCA sobre o critério de busto, se compararmos o PCA de ambas as peças podemos ver algumas semelhanças e algumas diferenças. Vemos que o Pianista 3 é novamente extremamente imóvel, comparado com o movimento (ou os movimentos) de outros pianistas. O Pianista 9 está mais imóvel em Chopin, comparando com a sua *performance* em Bach. Pelo contrário, o Pianista 6 é o mais agitado em Chopin, ainda mais do que o Pianista 5.

Coda

Os dados que recolhemos e as características que analisámos parecem ser relevantes na comparação da maneira de tocar dos pianistas e indiciam diferentes tendências de Escolas Nacionais de Interpretação Pianística. Mais testes serão necessários para uma análise mais

profunda e para confirmar esta tendência. Como um projeto em curso de cariz e *design* metodológico de análise quantitativa dos movimentos musicais e, sobretudo, das Escolas Nacionais de Piano, estudos posteriores beneficiariam de uma abordagem multimodal. Os resultados não são ainda muito conclusivos, devido também à qualidade técnica dos dados, nem sempre conseguidos com grande clareza. Deve-se, portanto, investigar a partir de novos dados (Lourenço, Martins, Titts, Wanderley, Megre, 2014).

Este projeto tentou seguir uma abordagem multidisciplinar em questões de musicologia, tecnologia, informática, biomecânica, psicologia cognitiva e prática de *performance*. Mas, e sobretudo, pretendeu dar um contributo para a reflexão dos músicos práticos sobre a sua própria atividade enquanto intérpretes, munindo-se das ferramentas metodológicas e tecnológicas que a abordagem analítica proporciona aos investigadores, numa atitude interativa entre a Arte e a Ciência, procurando sempre a transversalidade e não evitando as possíveis (e desejáveis) contaminações, inerentes ao discurso artístico.

Investigação financiada apoiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia – FCT (SFRH / BPD / 85498/2012).



Referências

Bernardini., N. (Coord.) (2007). *Roadmap for sound and music computing*. The S2S2 Consortium. Disponível em <http://www.soundandmusiccomputing.org/roadmap>. Consultado a 18 de janeiro de 2018.

Kaiser, J. (1989). *Große Pianisten in unserer Zeit*. Munique: Serie Piper Verlag
Kullak A. (1994[1876]). *Die Aesthetik des Klavierspiels*. Regensburg: ConBrio Verlagsgesellschaft.

Lagrange, M., Martins, L. G., & Tzanetakis, G. (2008). A computationally efficient scheme for dominant harmonic source separation. In *2008 IEEE International conference on acoustics, speech, and signal processing: proceedings* (pp. 165 - 168). Las Vegas: The Institute of Electrical and Electronics Engineers Signal Processing Society.

- Leimer K. and Giesecking W. (1998[1931]). *Modernes Klavierspiel* (2a ed.h ed). Mainz, Germany: Schott.
- Lourenço, S. (2007). Tendencies of piano interpretation in the 20th Century: Concept and different types of “piano interpretation schools”. In Williamon & D. Coimbra (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Performance Science 2007* (pp. 187- 192). Utrecht: AEC.
- Lourenço, S. (2010). Russian, German, French classical piano interpretation and technique. *Citar Journal*, 2(1), 6-14.
- Lourenço, S., Martins, L. G., Tits, M., Wanderley, M., & Megre, R. (2013). Towards a multimodal analysis of European piano schools of music performance. In E. R. Miranda (Ed.), *Proceedings of the 9th Conference on Interdisciplinary Musicology – CIM14* (pp. 191- 194). Berlin: Staatliches Institut für Musikforschung.
- Lourenço, S., Nery, R. V. (Eds.) (2012). *As escolas de piano europeias: tendências nacionais da interpretação pianística do século XX*. Porto: Católica Editora, 2012.
- Matthay, T. (2008[1913]). *Musical interpretation, its laws and principles, and their application in teaching and performing*. Boston: The Boston Music Company/G. Schirmer
- Neuhaus, H. (1981). *Die Kunst des Klavierspiels* (5a ed.). Colónia: Edition Gerig, 1981).
- Rattalino P. (2001). *Le grandi scuole pianistiche* (2nd ed.). Milão: Casa Ricordi – BMG Ricordi S.p.A.
- Timbrell C. (1999). *French pianism: a historical perspective* (2nd ed.). Portland, Oregon: Amadeus Press.
- Tzanetakis, G., & Cook, P. (2004). Music analysis and retrieval systems. *Journal of American Society for Information Science and Technology*, 55(12): 28-36.
- Uszler, M., Gordon, S., & Mach, E. (1991). *The well-tempered keyboard teacher*. Nova York: Schirmer Books.
- Whiteside, A. (1997). *On piano playing*. Portland, Oregon: Amadeus Press.