

Coordenação Bimanual ao Violão: um Estudo Experimental com Alunos de Graduação em Música

Renan Colombo Simões | Universidade do Estado do Rio Grande do Norte | Brasil

Daniel Wolff | Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Brasil

Resumo: Coordenação Bimanual ao Violão (CBV) é a ação conjunta das duas mãos do violonista na produção de notas, responsável pela qualidade individual de cada nota e pelo legato entre estas. Com vistas à análise quantitativa dessa questão, objetivamos investigar a CBV através de seus indícios em registros de áudio coletados. Para tal, procedemos à realização de estudos observacionais e um experimento com violonistas estudantes de graduação e pós-graduação de três instituições de ensino de diferentes regiões do Brasil. Neste trabalho, enfocamos o nosso segundo estudo piloto sobre a temática, realizado com quatro alunos do curso de Bacharelado em Música (Habilitação – Violão) da Faculdade de Música do Espírito Santo (FAMES). Em nossa revisão de literatura, abordamos a coordenação bimanual em diversos instrumentos e o comportamento motor das mãos. Após isso, apresentamos a elaboração, realização, resultados e discussão do nosso piloto observacional.

Palavras-chave: Violão, Coordenação Bimanual ao Violão (CBV), Técnica violonística, *Sonic Visualiser*.

Abstract: Bimanual Coordination on the Guitar (Coordenação Bimanual ao Violão – CBV) is the joint action of both hands of a guitarist in the production of notes, responsible for the individual quality of each note and for the legato between them. Aiming at the quantitative analysis of this question, we investigated the CBV through its cues in collected audio recordings. For this, we made observational studies and an experiment with undergraduate and graduate guitar students of three institutions from different Brazilian regions. In the presente work, we discuss our second pilot study on the theme, carried out with four students from the Espírito Santo Music Faculty (FAMES - Bachelor of Music - Guitar). In our literature review, we addressed bimanual coordination in different instruments and the motor behavior of hands. After that, we present the elaboration, realization, results and discussion of our observational pilot.

Keywords: Classical Guitar, Bimanual Coordination on the Guitar (Coordenação Bimanual ao Violão – CBV), Guitar technique, *Sonic Visualiser*.

A Coordenação Bimanual ao Violão (CBV) é a ação conjunta das duas mãos do violonista na produção de notas, que exerce importância fundamental na obtenção de uma execução *legato*. Quando há algum problema de CBV, ou seja, quando as duas mãos não agem conjuntamente, o *legato* para a nota seguinte é prejudicado. Um problema de CBV pode ser causado, por exemplo, por um dedo da mão esquerda que antecipa o seu movimento para a nota seguinte, em relação à ação da mão direita, o que pode resultar em um ruído ou na antecipação indesejada da nota seguinte (i.e., o dedo da mão esquerda ataca a corda antes de ela ser tocada pela mão direita) ou, ainda, em um silêncio indesejado (quando a pressão do dedo é retirada antes do momento devido). Ainda que a mão direita seja a responsável por pulsar a corda (i.e., pelo início da nota), pode também causar problemas de CBV, ao encostar na corda de forma antecipada, causando um ruído ou silêncio. Portanto, em uma boa CBV, a ação é realizada idealmente com o máximo de sincronização possível entre as duas mãos.

No afã de melhor compreender e, assim, aprimorar a CBV, surgiram as seguintes questões de pesquisa: Como mensurar a CBV de forma quantitativa? Quais combinações binárias de mão esquerda são mais difíceis de coordenar? E as mais fáceis? Como aprimorar a CBV? A realização de um exercício técnico que aborda o trabalho rítmico da mão esquerda melhora a CBV? Existe diferença de CBV ao começar um trecho musical com diferentes dedos da mão direita?

Nossas hipóteses são de que diferentes combinações binárias de dedos da mão esquerda, ou de dedo da mão esquerda e corda solta, apresentam diferentes resultados quantitativos de CBV; de que, por experiência própria, as combinações que utilizam os dedos 3 e 4 tendem a ser mais difíceis, especialmente quando ocorrem entre dedos contíguos (2-3 e 3-4) e que a realização de exercício técnico que evidencie o ritmo da mão esquerda possa aprimorar a CBV.

Assim, objetivamos investigar a CBV através da análise de espectros sonoros coletados em experimentos com estudantes, pois acreditamos que, dessa forma, podemos examinar quantitativamente a CBV através de seus indícios nos registros em áudio. Neste artigo, apresentaremos os resultados de nosso Estudo Piloto II, realizado com quatro alunos do curso de Bacharelado em Música (Habilitação – Violão) da Faculdade de Música do Espírito Santo (FAMES).

1. Coordenação bimanual em instrumentistas¹

Segundo Baader et al (2005), vários instrumentos requerem a coordenação de ambas as mãos para produzir um som musical. Entretanto, embora seja uma questão tão fundamental em tantos instrumentos, estudos de controle motor em música ainda eram raros em 2005 e a questão de sincronização bimanual ainda não havia sido abordada nos instrumentos de corda (BAADER et al., 2005, p. 437).

Na execução instrumental, a questão da coordenação apresenta nuances entre os diferentes instrumentos musicais. Podemos apontar diferentes tipos de coordenação: coordenação em bloco, característica dos instrumentos de sopro; coordenação polifônica, típica de instrumentos como piano e harpa; e coordenação harmônico-melódica, em instrumentos como o violão. Na técnica tradicional do piano, por exemplo, apenas uma ação motora é necessária para acionar qualquer nota. Em outras palavras, a coordenação entre dedos e mãos influenciará apenas a *sincronização* entre as notas (diferença temporal de ataque), mas não influirá no *legato* entre as notas.

Para ilustrar essa questão, MacRitchie e Eiholzer (2013) investigaram a assincronia como um dispositivo expressivo na performance ao piano, dado que, nesse instrumento, ela interfere na relação temporal *entre* as notas, e não na *qualidade individual* de cada uma destas. Goebel (2001) aponta que, ao considerar assincronias nos inícios de notas, é necessário diferenciar entre assincronias que são indicadas na partitura (como arpejos, apojeturas) e as que são tocadas, deliberadamente ou não, pelo intérprete, mas não indicadas na partitura (GOEBL, 2001, p. 563). O autor também aponta que a questão da assincronia de notas é estudada desde a década de 1930 e que já nessa época eram diferenciadas a assincronia entre os dedos da mesma mão e aquela entre mãos. Menciona também que, desde o final da década de 1980, são realizadas pesquisas sobre o fenômeno da condução melódica, o que envolve a assincronia entre notas (GOEBL, 2001, p. 563-564). Esse ponto também é abordado por Goebel et al. (2010), que pesquisaram, através de análises computacionais automatizadas, as assincronias entre as duas mãos em um *corpus* bem extenso: toda

¹ Embora optamos pela utilização do termo *coordenação* para nos referir ao comportamento motor, mantivemos, nas citações indiretas, os termos originais utilizados pelos autores, mesmo quando se referem a essa ideia como *sincronização*.

a obra de Chopin interpretada pelo pianista Nikita Magaloff. Os autores descrevem todas as etapas do processo, abordando, entre outros, a definição e mensuração automática das assincronias entre as mãos e a ferramenta de visualização computacional para explorar e compreender a informação extraída. Os autores também pontuam que essas assincronias podem ser utilizadas como meio de expressão artística e abarcam questões como antecipações de baixos, condução melódica e, no jazz, sequências de atraso da mão direita em solos de piano (GOEBL et al., 2010, p. 2). Apontam também que as assincronias não são suscetíveis de serem percebidas como tal quando realizadas em intervalos menores que 30ms² (GOEBL et al., 2010, p. 7).

No violão, os dedos da mão direita são geralmente responsáveis por tocar as cordas, salvo em técnicas expandidas, como efeitos percussivos, *tapping* ou outros. Há também a possibilidade de dois dedos ou mais dessa mão realizarem harmônicos, o que demanda a coordenação de dedos da mesma mão para a realização de uma única nota. Dessa forma, na técnica convencional, os dedos da mão direita de um violonista, quando acionados sozinhos, só realizarão as notas musicais resultantes das cordas soltas; para a realização das notas presas, é necessária a participação da mão esquerda. Os dedos da mão esquerda são geralmente responsáveis por pressionar as cordas junto aos trastes, para produzir diferentes alturas, a partir da ação dos dedos da mão direita. Sem a utilização dos dedos da mão direita, os dedos da mão esquerda serão responsáveis, integralmente, apenas pela realização de ligados técnicos e efeitos de técnica expandida, como cordas soltas (que geralmente não são tocadas com essa mão) e efeitos percussivos. Do exposto, podemos concluir que a coordenação bimanual ao violão influenciará na qualidade de cada nota, individualmente, e no *legato* entre as notas, embora possa também, como no piano, influenciar na questão temporal, porém em casos bem isolados³.

Algo similar se dá também nos instrumentos de sopro em geral: salvo técnicas expandidas (nas quais apenas os dedos podem emitir sons) e as notas que podem ser realizadas sem o concurso dos dedos, quase todas as notas demandam uma ação conjunta entre o sopro e os dedos. Portanto, nesses instrumentos, os dedos e o sopro devem ser coordenados.

² Milissegundos.

³ Por exemplo, quando as duas mãos estão realizando efeitos percussivos, nos quais cada uma das mãos é integralmente responsável por um resultado sonoro.

No saxofone, por exemplo, o instrumentista deve coordenar ações articulatórias da língua com o movimento dos dedos nas chaves. Dependendo do contexto, o início da nota pode ser controlado apenas pelos dedos (toque *legato*), por língua e dedos (toque *legato, staccato*) ou apenas pela língua (repetição de notas) (HOFMANN et al., 2013, p. 289). Entretanto, Hofmann et al. (2013) analisaram as interações entre dedo e chave no saxofone através dos resultados da sincronização com um metrônomo, com foco no aspecto temporal de início das notas (o “tocar junto com”), e não do efeito sonoro em si causado pela coordenação entre mão e língua (coordenação motora). Embora o título⁴ e a introdução sugiram que o trabalho discorrerá sobre o que acontece especificamente na coordenação entre dedo e língua na execução ao saxofone, a pesquisa foca no exame das posições de dedilhado através de uma câmera focada na campânula do instrumento, para capturar os movimentos dos dedos, e sensores de aceleração conectados às suas chaves, abarcando o comportamento motor. Trata-se, assim, de uma importante pesquisa multissensorial⁵ que investiga a influência de movimentos e posicionamento dos dedos no controle de tempo, em sincronia com um metrônomo. Os autores conjecturam que, embora o posicionamento dos dedos possa influenciar na qualidade da performance, outros parâmetros, como o ataque da língua (*tonguing*), a respiração e a embocadura, podem ter mais impacto na qualidade geral da performance.

Em outro trabalho relacionado ao saxofone, Hofmann et al. (2012) quantificam a sincronização entre ações de dedo e língua e investigam as diferenças de tempo entre as sequências de *portatos*, com a utilização ou não de dedos. No experimento, os participantes realizaram uma melodia de 24 notas em três condições de tempo, com metrônomo, em um paradigma de sincronização-continuação. Concluiu-se que a precisão do tempo foi melhor para as ações combinadas entre dedos e língua do que apenas língua, sugerindo que os movimentos dos dedos ajudam na precisão do tempo na performance ao saxofone (HOFMANN et al., 2012, p. 1).

Baader et al. (2005) detalham a questão da coordenação bimanual ao violino:

⁴ *Zooming into saxophone performance: tongue and finger coordination.*

⁵ Por utilizar múltiplos sensores para a captação de dados.

Tanto a arcada da mão direita quanto o pressionar de dedos da mão esquerda são pré-requisitos para a geração de um som e contribuem para o início e término desse som (além de outras qualidades do som, como volume e timbre). Entretanto, ao se realizar arcadas em legato, os dedos determinam exclusivamente o início e a duração do som. Do ponto de vista do controle motor, tocar um instrumento de cordas requer necessariamente ações combinatórias de ambos os membros e também entre os dedos da mão esquerda. O ato de pressionar os dedos na corda, ou levantá-los da corda, pode iniciar ou terminar um som. Ou os dedos podem ser colocados mais devagar na corda em antecipação. O começo e o fim de um som podem envolver a ação de dois dedos separados.⁶ (BAADER et al., 2005, p. 441, tradução nossa)

Segundo os autores, eles mediram quantitativamente, pela primeira vez, a coordenação bimanual em violinistas através de um sistema de análise de movimentos que registrou as trajetórias dos dedos e do arco, a fim de avaliarem a estrutura temporal do pressionamento de dedo, o levantamento de dedo (mão esquerda) e as reversões de arco (braço direito). Os autores tiveram como objetivos (1) esclarecer quão independentemente os dedos da mão esquerda são colocados em movimento para a produção do som, (2) avaliar mecanismos de dedilhado que determinam o tempo de início e duração do som e (3) quantificar a sincronização entre dedos e ações do arco (BAADER et al., 2005, p. 437). O trecho utilizado, de 21 notas e gravado em quatro velocidades de metrônomo diferentes, era deliberadamente simples, não envolvia mudanças de corda ou de posição, envolvia os quatro dedos da mão esquerda, e cada nota era realizada sem *vibrato* e com arcadas separadas (BAADER et al., 2005, p. 437). O resultado que mais nos interessa é que a sincronização entre as ações dos dedos e do arco variou de 12ms a 60ms da simultaneidade perfeita, mas esses erros não foram percebidos (BAADER et al., 2005, p. 436).

Kazennikov e Wiesendanger (2009), dois autores do trabalho anterior, pesquisaram posteriormente os efeitos das mudanças de posição e de corda na coordenação bimanual entre arco e dedos em violinistas, e chegaram à conclusão de que a coordenação variava ligeiramente ou permanecia inalterada, mas não era perceptível, mesmo chegando a 100ms da simultaneidade perfeita (KAZENNIKOV; WIESENDANGER, 2009, p. 2).

⁶ Both, right-handed bowing and left-hand finger presses are a prerequisite for tone generation and contribute to tone initiation and termination (apart from other tone qualities, like loudness and timbre). During legato bow strokes, fingers, however, exclusively determine tone onset and duration. From the motor control point of view, playing a string instrument necessarily requires combinatorial actions of both limbs and also among the left-hand fingers. Finger taps and lifts, to and from the string, may initiate or terminate a tone. Or fingers can be placed more slowly on the string in anticipation. The start and the end of a tone may involve the action of two separate fingers. (BAADER et al., 2005, p. 441)

Em seu estudo sobre a aprendizagem motora de arcadas complexas ao violino, Schoonderwaldt e Altenmüller (2011, p. 651-652) observaram que os dedos mudam de corda um pouco antes do arco. Isso “representa uma estratégia otimizada, relacionada à transferência de força do arco entre as cordas, o que é necessário para que haja transições de notas limpas”⁷ (SCHOONDERWALDT; ALTENMÜLLER, 2011, p. 652, tradução nossa).

2. Coordenação bimanual em instrumentistas

Foge ao nosso escopo tratar dos pormenores do comportamento motor das mãos, mas consideramos plausível pontuar alguns trabalhos relacionados ao tema.

Quanto à questão bimanual, Mechsner et al. (2001, p. 69) alegam que há, nos movimentos bimanuais periódicos, uma tendência espontânea típica para a simetria em espelho e que esse fenômeno tem sido interpretado como uma tendência para a coativação de músculos homólogos.

Sobre esse tópico, Semjen e Ivry (2001) apontam:

A coordenação bimanual em movimentos periódicos sustentados tem sido um dos principais tópicos na pesquisa sobre controle motor humano. Trabalhos anteriores mostraram que as duas mãos agem de forma interdependente, no sentido de que as características espaciais, temporais ou intensivas dos movimentos em cada mão são limitadas em relação aos movimentos da outra mão.⁸ (SEMJEN; IVRY, 2001, p. 251, tradução nossa)

Tocar instrumentos de cordas, por sua vez, requer a coordenação assimétrica de membros (*asymmetrical limb coordination*), em movimentos intrincados, organizados em uma sequência ordinal e temporal e que envolvem uma profunda percepção auditiva, que abarca, entre outros, ritmo, sintaxe e emoções (BAADER et al., 2005, p. 436). A peculiaridade dos instrumentos de corda, entretanto, reside no fato de a assimetria envolver não apenas o movimento dos dedos, como

⁷ [...] represents an optimized strategy related to the transfer of bow force between strings, which is necessary for the production of clean note transitions. (SCHOONDERWALDT; ALTENMÜLLER, 2011, p. 652)

⁸ Bimanual coordination during sustained periodic movements has been a major topic in the research on human motor control. Previous work has shown that the two hands act in an interdependent way in the sense that the spatial, temporal, or intensive characteristics of the movements on each hand are constrained with respect to the movements on the other hand. (SEMJEN; IVRY, 2001, p. 251)

no piano, mas a própria ação dos dedos. No piano, há assimetria entre as duas mãos, mas as ações dos dedos são geralmente as mesmas: pressionar as teclas. No violão, além da assimetria entre as mãos, as ações dos dedos são diferentes: enquanto a mão esquerda geralmente pressiona a corda na nota que se pretende fazer soar, a mão direita é responsável por pinçar a corda, para a produção de movimento. Embora esse ato de pinçar demande uma pressão na corda, para melhor projeção sonora, a ação dos dedos da mão direita é bem diferente dos da mão esquerda.

Sobre a dependência dos dedos (*enslaving*), Baader et al. (2005) apontam:

Os seres humanos movem seus dedos em um isolamento relativo, denominado individualização do dedo [finger individuation], atribuído ao surgimento de conexões monossinápticas cortico-motoneuronais. No entanto, um único músculo pode ser compartilhado por dois ou mais dedos, que então se tornam ‘dependentes’ [‘enslaved’]. Selecionar um único dedo para tocar também requer uma inibição dos movimentos indesejados dos dedos.⁹ (BAADER et al., 2005, p. 440, tradução nossa)

Sobre essa questão, na área da Medicina, Häger-Ross e Schieber (2000) pediram que dez sujeitos destros movessem um dedo de cada vez enquanto gravavam o movimento de todos os cinco dígitos simultaneamente, com um sistema de análise de movimento em vídeo, através de uma luva instrumentada. Com esse aparato, investigaram se outros dígitos se moviam, já que o comando era dado, de forma consciente, a apenas um dedo. Também foi quantificado o grau de movimento nas articulações proximal, média ou distal de cada dígito (HÄGER-ROSS; SCHIEBER, 2000, p. 8542). Dentre os resultados obtidos, destacamos os seguintes:

- Mesmo quando solicitados a mover apenas um dedo, os indivíduos produziram movimentos em outros dígitos;
- Movimentos dos dedos polegar, indicador e mínimo foram mais altamente individualizados do que os movimentos dos dedos médio e anelar;
- Dedos da mão dominante (direita) não foram mais independentes do que aqueles da mão não dominante (esquerda);

⁹ Humans move their fingers in relative isolation, termed finger individuation, ascribed to the emergence of monosynaptic cortico-motoneuronal connections. However, a single muscle can be shared by two or more fingers that then become ‘enslaved’. Single finger selections during play also necessitate an inhibition of unwanted finger movements. (BAADER et al., 2005, p. 440)

- A frequência do movimento tem efeito na individualização dos dedos, ou seja, os movimentos mais rápidos tendem a ser menos individualizados do que aqueles que são mais lentos (HÄGER-ROSS; SCHIEBER, 2000, p. 8542- 8547).

Não se pode precisar a causa exata dos diferentes graus de individualização dos dedos, dado que as interconexões biomecânicas entre os dígitos provêm de várias fontes (HÄGER-ROSS; SCHIEBER, 2000, p. 8549). Os autores pontuam que o movimento simultâneo de dígitos não instruídos a se mover pode resultar: (1) das conexões mecânicas passivas entre os dígitos, (2) da organização dos músculos de múltiplos tendões dos dedos, e (3) do controle neural distribuído da mão (HÄGER- ROSS; SCHIEBER, 2000, p. 8542). Além disso, 20 a 30% dos indivíduos normais podem ter interconexões "anômalas" (HÄGER-ROSS; SCHIEBER, 2000, p. 8549).

Wiesendanger e Serrien (2004, p. 501) também comentam sobre a grande complexidade da mão em termos de anatomia, graus de liberdade e representação ampla e distribuída no cérebro. Além disso, os autores destacam que, nos experimentos, ações direcionadas para o mesmo objetivo são executadas de forma diferente entre cada uma das tentativas, o que dificulta ainda mais o monitoramento de todas as nuances do fenômeno estudado.

3. Piloto II

Os pilotos de nossa pesquisa consistiram em testes de estímulo, no qual avaliamos de que forma os dados se comportaram, o que compreendeu os instrumentos de mensuração, designs experimentais e excertos musicais.

Oehlert (2010) aponta que o estudo observacional, tal como o experimento, também apresenta tratamentos, unidades e respostas. Porém, apenas observamos as unidades em seus respectivos grupos de tratamento, mas não as controlamos (OEHLERT, 2010, p. 2). Isto se deu nos dois pilotos realizados, cujo foco foi:

- Verificar como os elementos e designs propostos funcionam na prática;
- Extrair dados numéricos que correspondam ao objeto estudado;

- Avaliar se esses dados são válidos e se correspondem às nossas hipóteses.

No Piloto II, os dados, relativos a intervalos de tempo foram obtidos através de marcações nos arquivos de áudio, com a utilização do software *Sonic Visualiser*.

A marcação dos inícios de nota, tanto no *Sonic Visualiser* quanto em outros programas, pode ser realizada através de algum *plugin* (KILCHENMANN; SENN, 2011, p. 595), da marcação manual (LONDON; POLAK, 2013, p. 647; SENN et al., 2009, p. 108) ou de forma mista (como apontado por Matschulat, 2011, p. 50), na qual se utiliza o *plugin*, mas realizam-se ajustes posteriores.

Quanto à marcação de tempo, Gerling (2008) utilizou a

técnica de regência reversa, ou seja, marcando o tempo em uma tecla do computador enquanto ouvimos a gravação. Há sempre a necessidade de algumas tentativas de ensaio para reagir corretamente às mudanças de andamento de cada gravação, em processo semelhante a um ensaio de música de câmara. Os dados são obtidos em um arquivo de texto, com valores que expressam cada pulso do compasso e a média do tempo por compasso. Os dados por pulso são utilizados para entender a flutuação do rubato dentro de cada compasso, enquanto a média de tempo por compasso é útil para uma visão da concepção de tempo na projeção da estrutura formal. (GERLING, 2008, p. 11)

Arias (2014) também utiliza esse tipo de marcação de tempo, denominado *tap along*, no *Sonic Visualiser*, porém marcando, separadamente, e nesta ordem: colcheias, pulsos e inícios de compasso. Arias preferiu esse método aos *plugins* que detectam os inícios de nota, pois estes são demasiadamente sensíveis e marcam ataques onde os mesmos não ocorrem. Outra justificativa do autor foi o caráter sincopado do choro, gênero que era investigado, no qual há muitos momentos de pulso onde não ocorrem ataques (ARIAS, 2014, p. 23).

Trabalhos em que se marcavam os tempos manualmente eram numerosos na década de 1990 (COOK, 2009, p. 231). Embora seja um método rápido e fácil, é limitado em sua precisão,

em parte devido a problemas de coordenação entre ouvidos e mão, e em parte porque os dados resultantes [são] uma mistura de antecipação e reação. (Realmente você não [está] medindo a música, mas sua própria resposta física a ela).¹⁰ (COOK, 2009, p. 231-232, tradução nossa)

Reside aí outra vantagem de se utilizar o *Sonic Visualiser*: além de permitir o recurso do *tap along*, as marcações podem ser alteradas posteriormente, ao ouvi-las junto ao áudio, inclusive em câmera lenta.

No Piloto II, optamos por testar os seguintes procedimentos: (1) um design experimental no qual os sujeitos estudariam os excertos musicais no próprio encontro e no qual cada sujeito gravaria apenas uma tomada de cada combinação, sem utilização de metrônomo; (2) a quantificação da CBV a partir de sua análise através do *software Sonic Visualiser*; e (3) a análise estatística.

No excerto musical do Piloto II, primamos por abordar um menor número de fatores envolvidos na CBV – o que proporciona uma análise mais focada – e por elaborar algo mais simples, que poderia ser assimilado e gravado pelos sujeitos no próprio encontro. Os dois excertos elaborados têm apenas quatro compassos cada um, e constituem-se de colcheias e semicolcheias simples (não pontuadas), além de uma semínima final. Optamos por apresentar variações rítmicas, mas que fossem de fácil assimilação e execução em curto prazo.

O primeiro excerto apresenta cinco figurações rítmicas diferentes de colcheias e semicolcheias, e consiste na alternância entre um único dedo da mão esquerda e cordas soltas. A ação do dedo se dá apenas na quarta casa, porém há seis mudanças de cordas adjacentes entre a primeira e a quarta cordas. O mesmo excerto foi realizado com os dedos 1, 2, 3 e 4, o que resulta em quatro combinações que serão testadas: 1-0, 2-0, 3-0 e 4-0.

¹⁰ [...] partly because of problems in coordination between ear and hand, and partly because the resulting data were a mix of anticipation and reaction. (Really you were measuring not the music, but your own physical response to it). (COOK, 2009, p. 231-232)

FIGURA 1 – Excerto I do Piloto II, para ser realizado também com as digitações 2-0, 3-0 e 4-0.



Fonte: Autores.

O segundo excerto apresenta quatro figurações rítmicas diferentes de colcheias e semicolcheias, e consiste na alternância entre notas da terceira e da quarta casas, com três mudanças de cordas adjacentes entre a primeira corda e a quarta. Esse excerto foi realizado com as combinações 1-2, 2-3 e 3-4.

FIGURA 2 – Excerto II do Piloto II, para ser realizado também com as digitações 2-3 e 3-4.



Fonte: Autores.

A partir desses dois excertos, temos, portanto, sete combinações de mão esquerda para comparação: 1-0, 2-0, 3-0, 4-0, 1-2, 2-3 e 3-4.

O Piloto II foi realizado na Faculdade de Música do Espírito Santo (FAMES), no dia 14 de junho de 2017, com quatro sujeitos. A amostra foi escolhida por conveniência: os estudantes do curso de Bacharelado em Música com Habilitação em Violão da instituição que responderam à nossa solicitação e puderam comparecer ao experimento na data estipulada. Os sujeitos gravaram uma vez cada um dos sete trechos – as quatro combinações do primeiro excerto e as três do segundo – e podiam gravá-los novamente, caso julgassem necessário. Para registro em áudio e vídeo, foi utilizado um celular Samsung Galaxy 4 Mini GT-I9192. Antes do registro, os sujeitos tiveram até 20

minutos para aquecimento e ambientação e 20 minutos para estudar os excertos. Foi pedido que estudassem os trechos para tocarem com o máximo de *legato* possível. Os sujeitos gravaram os trechos no andamento com que se sentiram confortáveis no momento; o metrônomo não foi utilizado.

Dos registros coletados em áudio e vídeo, extraímos os áudios para análise no *software Sonic Visualiser*, no qual investigamos como a CBV poderia ser identificada nos registros em áudio, partindo do seguinte princípio: quando as duas mãos não chegam juntas no acionamento de uma nota, há, antes dessa, um ruído, silêncio ou uma antecipação dessa nota pela mão esquerda, o que pode ser identificado auditivamente e visualmente no *software* utilizado.

3.1 Análise de áudio do Piloto II

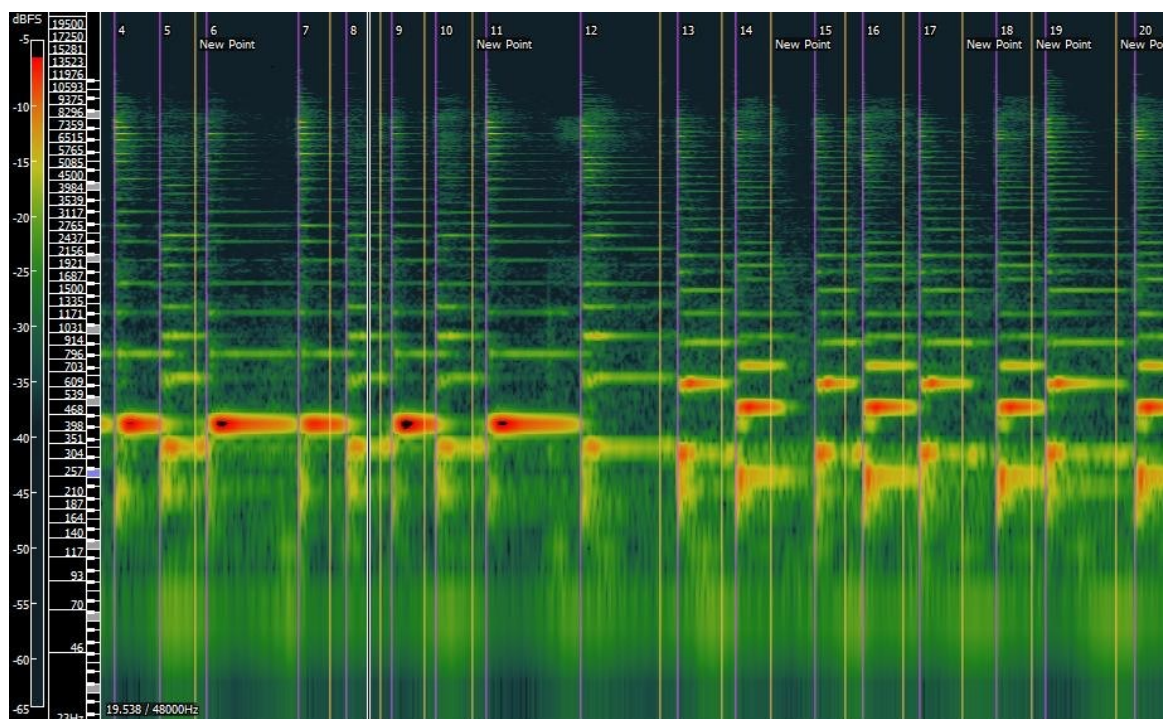
Os registros coletados foram convertidos para áudio (.wav) através do programa *Any Audio Converter* e, após isso, importados para o *Sonic Visualiser*. No *Sonic Visualiser*, além da visualização em ondas padrão, foi adicionada uma camada de espectrograma ao áudio original (*Layer > Add Spectrogram > All Channels Mixed*). Seguindo as orientações do guia online do programa, a *Scale* foi alterada para dBV^2 , *Window Size* para 2048 e *Window Overlap* para 75%. Após isso, seguindo a recomendação do guia online do programa, a *Colour Rotation* foi calibrada para 42, o que demandou ajustes posteriormente em cada sujeito, de forma que a visualização ficasse a melhor possível. Por fim, selecionou-se, no *Bin*, o modo *Log*. Assim, é proporcionada uma visualização do espectrograma que evidencia os inícios de nota e os Ruídos Oriundos de Problemas de Coordenação Bimanual ao Violão (ROPCBV), que consistem em indícios de uma coordenação bimanual deficiente.

A seguir, adicionamos duas camadas de marcação de tempo (*Layer > Add New Time Instants Layer*), uma para os inícios de nota e outra para os ROPCBV. A visualização do espectrograma com marcações e a das ondas sobrepostas ao espectrograma com marcações são apresentadas nas figuras a seguir. Vale ressaltar que essas são visualizações mais amplas do arquivo, pois a marcação exata só é possibilitada com o *zoom* em cada marcação e na visualização com ondas em primeiro plano.

As marcações foram planejadas a partir dos seguintes passos:

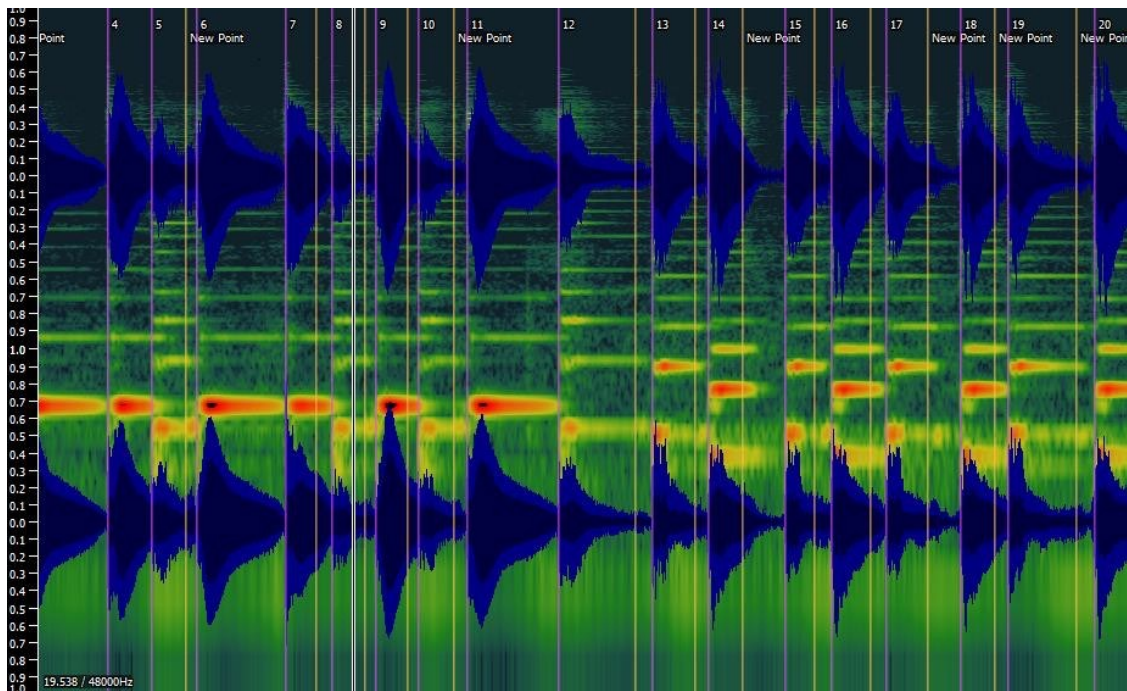
- Marcação dos inícios de nota e dos ROPCBV na visualização do espectrograma, realizada com a tela mais ampla, como nos exemplos a seguir;
- Conferência de cada marcação com a visualização em ondas sobreposta ao espectrograma e a utilização do zoom;
- Conferência auditiva final, na velocidade mínima permitida pelo programa (12,5% da velocidade original), e com o áudio das marcações desativado.

FIGURA 3 – Visualização do espectrograma com marcações verticais de inícios de notas (roxo) e inícios de ROPCBV (laranja) (o traço branco é o guia de visualização).



Fonte: Autores.

FIGURA 4 – Visualização em ondas sobreposta ao espectrograma, com marcações verticais de inícios de notas (roxo) e inícios de ROPCBV (laranja) (o traço branco é o guia de visualização).



Fonte: Autores.

Quanto à marcação mais exata dos inícios de notas, não houve muitas dúvidas. Nos ROPCBV, entretanto, essa marcação é mais imprecisa, pois é complexo identificar o início exato desses eventos sonoros. A constante reverberação de harmônicos das cordas graves potencializou ainda mais essa dificuldade, o que demandou diversas conferências das marcações de ROPCBV. Percebemos, nesse processo, que praticamente todas as notas são antecedidas por um ROPCBV provocado pela mão esquerda, seja antecipando a nota seguinte ou tirando a pressão antes do devido momento. Há também a ocorrência, porém menor, da mão direita realizando um ruído na corda antes de efetivamente tocá-la.

Ao longo da análise auditiva e visual, foi possível identificar os padrões de desenho gráfico de cada sujeito e conseguir uma análise coerente. Os ROPCBV consistem, geralmente, em uma perturbação no desenho das ondas, ou uma quebra no padrão estabelecido, o que pode ser representado através de:

- Um pico evidente;
- Pequenas ondulações na onda maior;

- No caso de silêncio, uma redução mais acentuada das ondas em comparação ao *decay* natural da nota;
- Mudança do padrão dos desenhos.

Na marcação dos ROPCBV, foram excluídos os ruídos que interpretamos como não relacionados a essa questão, tais como:

- Ruídos não oriundos do violão;
- Notas mal pressionadas;
- Esbarro da mão esquerda em corda solta.

No editor de planilhas *Microsoft Excel*, colocamos todas as notas em uma coluna e todos os ROPCBV em outra, e criamos fórmulas em uma terceira coluna para subtrair os ROPCBV dos inícios de nota seguinte, obtendo assim o intervalo de tempo entre o início do ROPCBV e o início da nota seguinte, que denominaremos Duração de Ruído Oriundo de Problemas de Coordenação ao Violão (DROPCBV) e que será a representação numérica do fenômeno estudado, que é o intervalo de tempo entre o início de um ruído, silêncio ou antecipação de nota e o início da nota seguinte.

3.2 Resultados e discussão do Piloto II

Apresentamos, neste item, os resultados obtidos no Piloto II. Os quatro sujeitos participantes são violonistas matriculados regularmente no curso de Bacharelado em Música com Habilitação em Violão da Faculdade de Música do Espírito Santo, que denominaremos S1, S2, S3 e S4. Apresentaremos uma análise individual de cada sujeito, seguida de resultados gerais. Quanto ao material gravado, foram dois excertos musicais, um realizado com quatro e outro com três digitações diferentes, que denominaremos trechos, e que, para melhor compreensão do leitor, denominaremos pela digitação abordada: 1-0, 2-0, 3-0, 4-0, 1-2, 2-3 e 3-4.

Os números extraídos dizem respeito aos DROPCBV, obtidos de cada nota em que houve essa ocorrência, subtraindo-se a marcação de início do ROPCBV da marcação de início da nota seguinte. Assim, mensuramos o tempo entre o início de um ROPCBV e a nota seguinte, partindo do princípio de que quanto maior o tempo, mais perceptível será o ROPCBV. Além dos resultados numéricos, apresentaremos breves comentários sobre os vídeos coletados. Os dados apresentados, com os quais faremos operações posteriores, serão os seguintes:

- Somatória geral de todos os DROPCBV de cada trecho;
- Quantidade de ocorrências de ROPCBV de cada trecho;
- Média por ocorrências de cada trecho, dividindo-se a somatória geral de DROPCBV pela quantidade de ROPCBV identificada em cada trecho.

Quanto à mão direita, S1 deixou o seu polegar da sempre fixo na sexta corda e realizou um toque apoiado alternando entre indicador e médio, sem repetição de dedos, apenas com um toque escovado¹¹ do dedo indicador em cada trecho. A posição da mão esquerda é mais lateral, e os dedos ocupam geralmente um espaço aproximado de três casas em todos os trechos. Percebemos, através dos vídeos, um pouco mais de tensão nos trechos que utilizam dois dedos em relação aos que utilizam um dedo e corda solta. Nesses trechos, percebemos que, salvo algumas ocorrências nas combinações 2-3 e 3-4, o sujeito geralmente tira a pressão do dedo mais grave quando aciona o mais agudo, desfavorecendo a estabilidade da mão e o *legato* entre essas duas notas. Na combinação 4-0, percebemos o dedo 2 e 3 com mais tensão e movimento, com o dedo 3 geralmente bem dependente do 4, praticamente pressionando a nota junto com esse na maioria das vezes. Em 3-4, observamos mais tensão nos dedos 1 e 2, especialmente no dedo 2, que se movimenta bastante.

Apresentamos a seguir algumas imagens captadas do vídeo de S1, a fim de visualizarmos um panorama das suas posições de mão esquerda e mão direita.

¹¹ Quando um mesmo movimento de um dedo da mão direita é aproveitado para tocar duas notas seguidas, em duas cordas adjacentes, da aguda para a mais grave.

FIGURA 5 – S1: posição da mão esquerda na realização das combinações 1-0 e 2-0.



Fonte: Autores.

FIGURA 6 – S1: posição da mão esquerda na realização das combinações 3-0 e 4-0.



Fonte: Autores.

FIGURA 7 – S1: posição da mão esquerda na realização das combinações 1-2 e 2-3.



Fonte: Autores.

FIGURA 8 – S1: posição da mão esquerda na realização da combinação 3-4.



Fonte: Autores.

FIGURA 9 – S1: posição da mão direita na primeira e na quarta cordas.



Fonte: Autores.

Para uma melhor visualização dos resultados, consideramos apenas três casas decimais e apresentamos as médias por ocorrências em milissegundos. Lembramos que o excerto das combinações com corda solta tem 48 notas (embora S3 tenha gravado 49) e o excerto das combinações com dois dedos tem 40 notas.

TABELA 1 – S1: somatória geral de DROPCBV, ocorrências de ROPCBV e médias por ocorrências.

	Somatória geral DROPCBV ¹²	Ocorrências de ROPCBV	Média por ocorrências (ms)
1-0	3,271	37	88
2-0	3,901	42	93
3-0	3,863	43	90
4-0	3,751	43	87
1-2	4,261	38	112
2-3	4,777	38	126
3-4	4,57	38	120

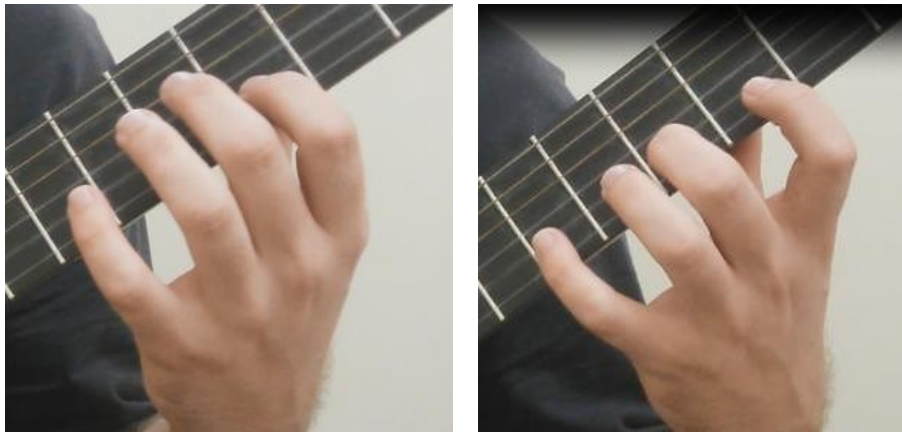
Fonte: Autores

Como podemos observar, as médias de S1 se mantiveram muito próximas nas combinações com corda solta e aumentaram significativamente nas combinações de dois dedos, sendo 2-3 a combinação com maior média de DROPCBV, seguida pela combinação 3-4. Isso pode ser relacionado à visível tensão observada em S1 nas combinações de dois dedos e com a ação desse sujeito para tirar a pressão do dedo da nota mais grave, quando se aciona a mais aguda.

S2 realizou um toque de mão direita sem apoio, com alternância entre indicador e médio e com poucas repetições de dedo, que acontecem geralmente nas combinações com corda solta. O polegar encontra-se posicionado sempre na corda adjacente inferior, nos movimentos descendentes; nos movimentos ascendentes, há a intenção de manter esse padrão, mas há uma certa instabilidade nas mudanças em 2-0, 3-0 e 4-0. A mão esquerda apresenta uma posição bem paralela ao braço do violão, abarcando um espaço de quatro casas em todos os trechos; sua atuação é bastante estável e relaxada. Diferente de S1, S2 mantém a nota mais grave pressionada enquanto aciona a nota mais aguda, favorecendo maior estabilidade da mão esquerda e melhor *legato* entre as notas. Percebemos constante movimentação do dedo 4 na combinação 2-3 toda vez que o dedo 3 pressiona uma nota.

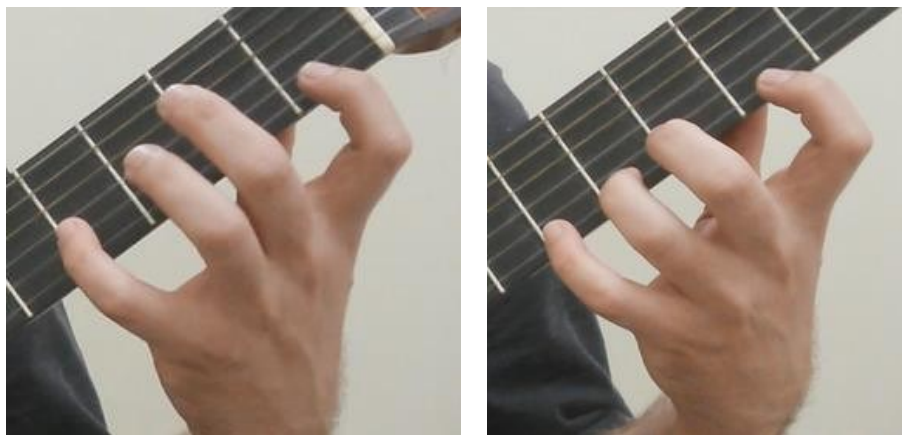
¹² Todos os arredondamentos deste trabalho foram realizados da forma padrão: quando o algarismo da casa decimal à direita da casa escolhida para o arredondamento for maior ou igual a 5, a aumentamos em 1; quando menor que 5, o arredondamento é feito para baixo, apenas cortando as casas decimais à direita.

FIGURA 10 – S2: posição da mão esquerda na realização das combinações 1-0 e 2-0.



Fonte: Autores.

FIGURA 11 – S2: posição da mão esquerda na realização das combinações 3-0 e 4-0.



Fonte: Autores.

FIGURA 12 – S2: posição da mão esquerda na realização das combinações 1-2 e 2-3.



Fonte: Autores.

FIGURA 13 – S2: posição da mão esquerda na realização da combinação 3-4.



Fonte: Autores.

FIGURA 14 – S2: posição da mão direita na primeira e na quarta cordas.



Fonte: Autores.

TABELA 2– S2: somatória geral de DROPCBV, ocorrências de ROPCBV e médias por ocorrências.

	Somatória geral DROPCBV	Ocorrências de ROPCBV	Média por ocorrências (ms)
1-0	3,154	42	75
2-0	3,008	40	75
3-0	3,14	40	79
4-0	3,442	44	78
1-2	2,51	34	74
2-3	2,545	35	73
3-4	2,396	35	68

Fonte: Autores

S2 apresenta médias bem próximas entre todas as combinações, com uma amplitude de 11ms entre a maior e a menor médias. As combinações 3-0 e 4-0 foram as de maior média entre as com corda solta. Entretanto, as combinações 2-3 e 3-4, que foram as de maior média em S1, são aqui os menores valores, o que é um dado bem discrepante. Também diferente de S1, as combinações com dois dedos tiveram médias menores que as com corda solta, o que pode ser explicado pelo fato de S2 manter a pressão do dedo na nota mais grave quando aciona a mais aguda.

S3 gravou os trechos em um andamento bem mais lento, em relação a S1 e S2, pois alegou dificuldades de leitura e assimilação de partituras em curto prazo. Efetivamente, foi requerido que os sujeitos gravassem no andamento que se sentissem seguros. Contudo, ponderamos que essa questão poderia influenciar os dados, caso houvesse uma comparação entre grupo experimental e controle. Por essa razão, foi previsto, para o Experimento Final, que todos os sujeitos gravariam os trechos no mesmo andamento, no mesmo tempo geral, o que daria mais unidade aos dados e proporcionaria uma comparação mais válida entre os diferentes sujeitos. S3 também foi o sujeito que mais cometeu erros de leitura na gravação do excerto: nas quatro combinações do primeiro excerto, por um erro de leitura, acabou gravando 49 notas ao invés de 48; nas três combinações do segundo excerto, errou a leitura de um ritmo, mas não alterou a quantidade total de notas.

Na mão direita, o polegar de S3 sempre foi posicionado na corda adjacente superior, salvo no final da combinação 4-0. A alternância entre dedos indicador e médio foi tocada sem apoio, com poucas repetições de dedo. A mão esquerda, de posição paralela ao braço, se apresenta em um espaço aproximado de quatro casas, exceto nas combinações 3-0, 4-0 e 3-4, que abarca três casas. A mão esquerda parece estar tensa em todas as combinações, com eventuais movimentos exagerados de braço e mão que julgamos dispensáveis e que causam certa instabilidade. O sujeito demonstra, por vezes, manter a pressão do dedo na nota mais grave enquanto aciona a mais aguda na combinação 1-2, e bem raramente na combinação 3-4, mas, no geral, a tendência é tirar o dedo da nota mais grave toda vez que aciona a mais aguda. Percebemos uma maior tensão do dedo 3 quando o 2 é acionado na combinação 1-2. Além disso, há muita movimentação do dedo 2 na combinação 3-4.

FIGURA 15 – S3: posição da mão esquerda na realização das combinações 1-0 e 2-0.



Fonte: Autores.

FIGURA 16 – S3: posição da mão esquerda na realização das combinações 3-0 e 4-0.



Fonte: Autores.

FIGURA 17 – S3: posição da mão esquerda na realização das combinações 1-2 e 2-3.



Fonte: Autores.

FIGURA 18 – S3: posição da mão esquerda na realização da combinação 3-4.



Fonte: Autores.

FIGURA 19 – S3: posição da mão direita na primeira e na quarta cordas.



Fonte: Autores.

TABELA 3– S3: somatória geral de DROPCBV, ocorrências de ROPCBV e médias por ocorrências.

	Somatória geral DROPCBV	Ocorrências de ROPCBV	Média por ocorrências (ms)
1-0	4,033	45	90
2-0	3,986	44	91
3-0	4,023	44	91
4-0	4,472	42	106
1-2	2,615	37	71
2-3	3,606	38	95
3-4	3,676	38	97

Fonte: Autores

Nas combinações com os dedos 1, 2 e 3 com corda solta, as médias se mantiveram bem próximas em S3, com um aumento significativo em 4-0. S3 apresenta uma média muito baixa em 1-2, com um aumento significativo em 2-3 e 3-4.

S4 é o sujeito que mais apresenta problemas técnicos básicos. Percebemos muitos ruídos de mão direita, ocasionados por um clique na corda antes que a nota seja efetivamente tocada (ruído de unha), não como uma ocorrência eventual, mas como um traço característico da execução do sujeito. Percebemos também movimentos muito exagerados de retirada dos dedos da mão esquerda, bem como falta de independência entre os dedos dessa mão, o que causa uma certa tensão e limita o movimento individual de cada dedo.

Em S4, a forma mais recorrente de repouso do polegar foi entre a quarta e a quinta cordas, embora tenha sido entre terceira e quinta em 1-0, apenas na quinta em 2-0 e entre quarta e sexta em 3-4. A alternância de dedos da mão direita se dá entre o indicador e médio, com frequente repetição de dedos, sendo alternados toques com apoio, semi-apoio e sem apoio, tendendo ao apoio na primeira e na segunda cordas e aos outros dois na terceira e na quarta. A posição da mão esquerda é bem lateral e abarca geralmente três casas, chegando a abarcar duas nas combinações 1-0 e 2-0, e abrindo para quatro casas ao final de 3-4. Nas combinações 3-0 e 4-0, o polegar da mão esquerda é posicionado acima do braço do violão e a parte da mão entre polegar e indicador encosta na parte de trás do braço, o que deixa o movimento da mão mais limitado, mas proporciona uma maior segurança na mira do dedo, por ter uma maior “referência no solo”. Nas combinações de dois dedos, há sempre a retirada de pressão do dedo da nota mais grave, quando acionada a mais aguda, e pontuamos o movimento acentuado para a retirada do dedo 1 na combinação 1-2.

FIGURA 20 – S4: posição da mão esquerda na realização das combinações 1-0 e 2-0.



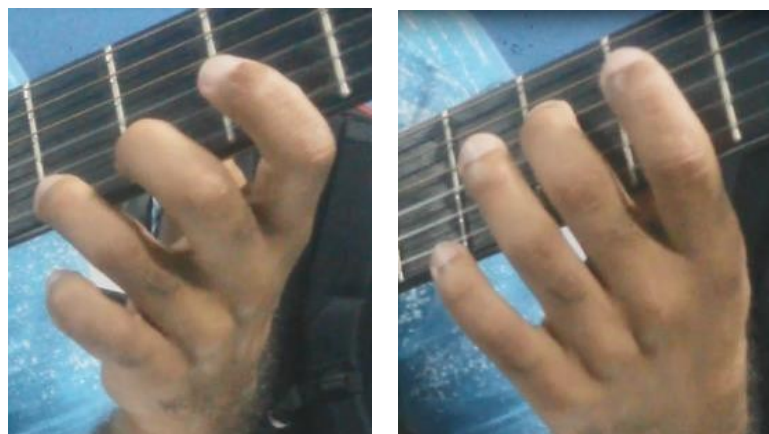
Fonte: Autores.

FIGURA 21 – S4: posição da mão esquerda na realização das combinações 3-0 e 4-0.



Fonte: Autores.

FIGURA 22 – S4: posição da mão esquerda na realização das combinações 1-2 e 2-3.



Fonte: Autores.

FIGURA 23 – S4: posição da mão esquerda na realização da combinação 3-4.



Fonte: Autores.

FIGURA 24 – S4: posição da mão direita na primeira e na quarta cordas.



Fonte: Autores.

TABELA 4– S4: somatória geral de DROPCBV, ocorrências de ROPCBV e médias por ocorrências.

	Somatória geral DROPCBV	Ocorrências de ROPCBV	Média por ocorrências (ms)
1-0	4,495	46	98
2-0	4,347	47	92
3-0	4,515	47	96
4-0	4,656	47	99
1-2	3,181	39	82
2-3	3,84	38	101
3-4	3,726	39	96

Fonte: Autores

Nas combinações com corda solta, as médias de S4 foram próximas, com uma redução mais acentuada em 2-0. A média de 1-2 é bem menor, havendo uma grande diferença desta para as de 2-3 e 3-4. Acreditamos que, devido às dificuldades técnicas básicas do sujeito, o fato de “agarrar” o braço do violão nas combinações 3-0 e 4-0 fez com que essa média não aumentasse tanto. Apresentamos, enfim, as médias finais de todos os trechos e sujeitos, para melhor visualização:

TABELA 5– Médias por ocorrências dos quatro sujeitos e médias finais.

	S1	S2	S3	S4	Média final
1-0	88	75	90	98	88
2-0	93	75	91	92	88
3-0	90	79	91	96	89
4-0	87	78	106	99	93
1-2	112	74	71	82	85
2-3	126	73	95	101	99
3-4	120	68	97	96	95

Fonte: Autores

A partir das médias finais, observamos números próximos, com a menor média para a combinação 1-2 e a maior para 2-3. Pontuamos que o posicionamento frontal, com movimentação estável, constante e relaxada da mão esquerda de S2 provavelmente proporcionou as melhores médias dentre todos os sujeitos, com uma única exceção. S2 também foi o único sujeito que mantinha a nota mais grave pressionada ao acionar a nota mais aguda, de forma sistemática, o que também resultou em boas médias nas combinações de dois dedos. A não manutenção da pressão da nota mais grave pode ter sido a causa do aumento das médias de S1 nessas combinações, o que não causou alterações em S3 e S4. Com esses resultados, podemos avaliar também cada dedo isoladamente, somando e tirando a média de todas as combinações que utilizam os dedos 1 (1-0 e 1-2), 2 (2-0, 1-2 e 2-3), 3 (3-0, 2-3 e 3-4) e 4 (4-0 e 3-4):

TABELA 6– Médias por dedo dos quatro sujeitos e médias finais.

	S1	S2	S3	S4	Média final
Dedo 1	100	74	80	90	86
Dedo 2	110	74	85	92	90
Dedo 3	112	73	94	98	94
Dedo 4	104	73	102	97	94

Fonte: Autores

Conseguimos aqui visualizar que as sequências com o dedo 1 apresentam menor média de DROPCBV, e as sequências com os dedos 3 e 4, a maior média. S2 mantém-se constante nas médias de todos os dedos, provavelmente pelo posicionamento paralelo da mão esquerda em relação ao braço do violão e pelo relaxamento e constância técnica. S3 apresenta um crescimento evidente de média entre os dedos 1 e 4. S1 tem maiores médias para os dedos 2 e 3. S4 apresenta, como maiores médias, os dedos 3 e 4. Por fim, realizamos também uma comparação entre as combinações que utilizam corda solta (1-0, 2-0, 3-0 e 4-0) e as que não utilizam (1-2, 2-3 e 3-4), com os seguintes resultados:

TABELA 7– Combinações de cordas soltas e presas dos quatro sujeitos e médias finais.

	S1	S2	S3	S4	Média final
Cordas soltas	90	77	95	96	89
Cordas presas	119	72	87	93	93

Fonte: Autores

Dessa forma, a comparação final geral entre cordas presas e soltas é bem mais próxima do que a grande discrepância individual de S1. Isso se dá, entretanto, pelo efeito inverso nos outros sujeitos: houve menos DROPCBV nas combinações de cordas soltas. Isso aponta que a maior dificuldade de legato por S1 nas combinações de cordas presas pode ser algo característico do sujeito, e não uma tendência geral, e que com um número maior de sujeitos, essa discrepância seria menos relevante na média final.

3.3 Análise estatística

Em nossa pesquisa, utilizamos estatística inferencial de forma descritiva. Frisamos que essa ferramenta serve de suporte para o balizamento dos resultados, que são discutidos também a partir dos vídeos coletados. Assim, a estatística não é considerada como resultado, mas sim como ferramenta auxiliar para a discussão dos dados.

O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis testa a hipótese nula de que todos os grupos são provenientes de uma mesma distribuição contra a hipótese alternativa de que existe pelo menos um grupo proveniente de distribuição diferente. O *software* utilizado para realização do teste de Kruskal-Wallis nos dados foi o RStudio (versão 3.5.2), através do comando *kruskal.test*. O *software* RStudio apresenta, como referência para esse teste, Hollander e Wolfe (1973).

São considerados 7 grupos no Piloto II (1-0, 2-0, 3-0, 4-0, 1-2, 2-3, 3-4). Eles correspondem às combinações de dedos utilizados pelos 4 indivíduos. Como variável resposta, o presente experimento apresenta dois escores: Escore 1, referente ao percentual de DROPCBV produzido, e Escore 2, referente à média de DROPCBV por ocorrência.

Para ambos os escores, o resultado do teste indica que os grupos não diferem significativamente em relação às suas distribuições originais. Em outras palavras, as diferentes combinações binárias de dedo ou de dedo e corda solta, utilizadas na realização do experimento pelos indivíduos, não interferem no percentual de DROPCBV e nem na média de DROPCBV por ocorrência.

K. W. Qui Quadrado é a estatística do teste, calculada através dos dados, e o Valor P indica a probabilidade de a estatística do teste apresentar esse resultado sob hipótese nula, ou seja, considerando que os grupos são provenientes de uma mesma distribuição. Isso significa que, quanto menor o Valor P, menos plausível se torna a hipótese nula, ou seja, a hipótese de que os grupos são provenientes de uma mesma distribuição. Em testes dessa natureza, é comum rejeitar a hipótese nula quando o Valor P é inferior a 0,05. Graus de liberdade são parâmetros que indicam a distribuição que está sendo utilizada, ou seja, com quantos outros tratamentos cada tratamento será comparado.

TABELA 8– Resultado do teste Kruskal–Wallis para Escore 1.

K.W. Qui Quadrado	Graus de Liberdade	Valor P
4,8103	6	0,5684

Fonte: Autores

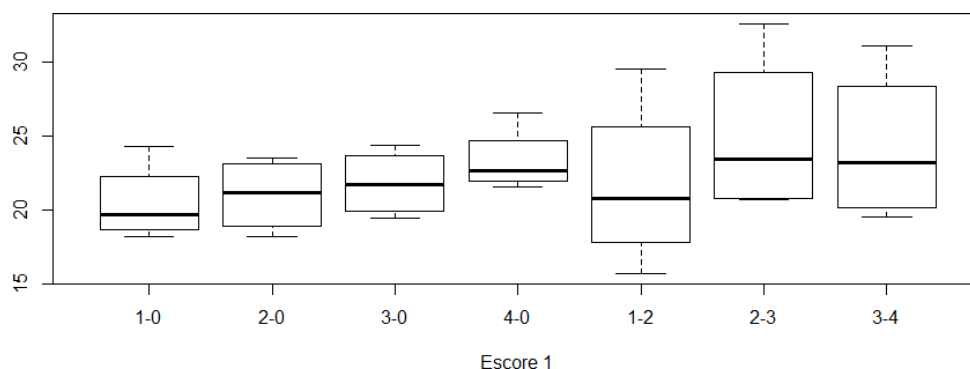
TABELA 9– Resultado do teste Kruskal–Wallis para Escore 2.

K.W. Qui Quadrado	Graus de Liberdade	Valor P
2,7931	6	0,8343

Fonte: Autores

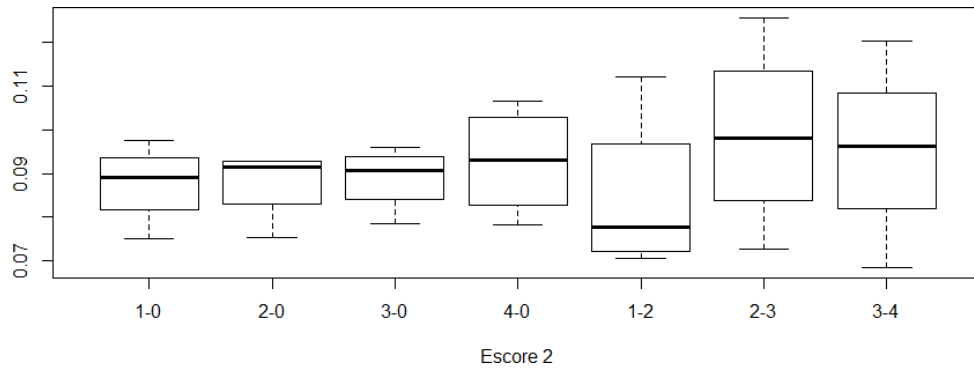
Podemos observar graficamente essa semelhança entre as distribuições de cada grupo através dos gráficos que se seguem. O intervalo total, em meio ao qual as caixas estão inseridas, representam os limites inferior e superior dos valores observados. No tratamento 1-0 da Figura 67, por exemplo, a linha inferior, abaixo da caixa, representa o menor valor obtido por um dos sujeitos, e a superior, o maior valor. As caixas possuem três linhas horizontais: o fundo, o meio e o topo. Suas alturas são, respectivamente, o primeiro quartil, a mediana e o terceiro quartil. O primeiro quartil separa a amostra em 25% das observações abaixo dele e 75% acima; a média divide 50% abaixo e 50% acima; e o terceiro quartil divide em 75% abaixo e 25% acima. Dessa forma, 25% das observações encontram-se abaixo da linha do fundo, 50% encontram-se abaixo da linha do meio, e 75% estão abaixo da linha do topo. A escala vertical mede o escore em questão; as horizontais, os diferentes tratamentos. Para que houvesse diferença significativa em algum desses tratamentos, deveríamos observar uma ou mais dessas caixas se destacando das demais.

FIGURA 25 – Boxplot do Escore 1 (percentual de DROPCBV).



Fonte: Autores.

FIGURA 26 – Boxplot do Escore 2 (DROPCBV por ocorrência).



Fonte: Autores.

Apesar de uma maior dispersão das combinações binárias de dedos, em relação às combinações de dedo e corda solta, a diferença entre estes não foi significativa.

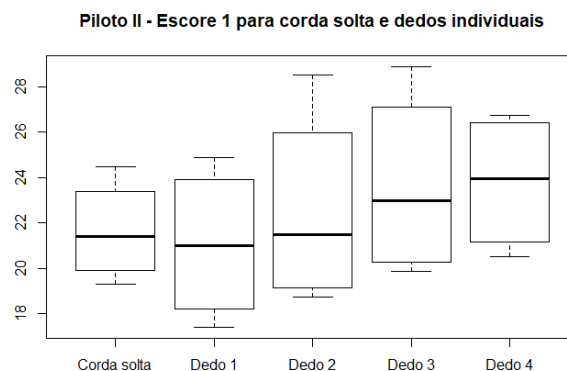
Apresentamos, a seguir, a estatística do teste (K. W. Qui Quadrado) na comparação individual entre as combinações que utilizam corda solta, dedo 1, dedo 2, dedo 3 e dedo 4, com seus respectivos gráficos.

TABELA 10– Resultado do teste Kruskal–Wallis para comparação individual entre combinações que utilizam corda solta, dedo 1, dedo 2, dedo 3 e dedo 4.

Escore	K.W. Qui Quadrado	Graus de liberdade	Valor P
1	2,4971	3	0,4758
2	1,88	3	0,5977

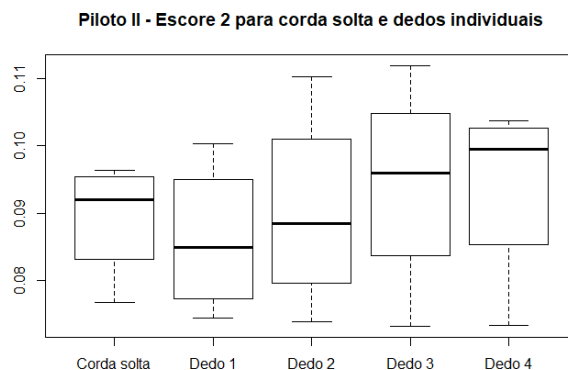
Fonte: Autores

FIGURA 27 – Boxplot do Escore 1 para corda solta e dedos individuais.



Fonte: Autores.

FIGURA 28 – Boxplot do Escore 2 para corda solta e dedos individuais.



Fonte: Autores.

Em suma, ainda que tenhamos observado, na análise descritiva, que há diferenças comuns aos sujeitos, estas não se mostraram estatisticamente significativas nos testes realizados. Entretanto, reiteramos que a estatística não pode ser considerada como resultado, mas sim como um suporte auxiliar para a discussão de dados.

Considerações finais

O ponto mais relevante na realização do Piloto II foi a perspectiva de que os dados apresentam uma certa recorrência, correspondendo às nossas hipóteses, a saber, de que as combinações que utilizam os dedos 3 e 4 da mão esquerda tendem a apresentar mais DROPCBV que as combinações com os dedos 1 e 2. Esse resultado, que corrobora nossa experiência, pode ser explicado pelo fato de os dedos 1 e 2 estarem mais próximos do polegar opositor, o que lhes proporciona uma ação mais estável. Ainda que os dedos 3 e 4 se apresentem com a mesma curvatura de 1 e 2, em uma posição mais frontal da mão esquerda, eles podem ter sua ação prejudicada tanto pelo tamanho (dedo 4) quanto por sua individualização limitada perante os outros dedos (dedo 3 em relação a 2 e 4), ou ainda por serem dedos menos trabalhados pelos sujeitos.

Entretanto, há questões que precisam ser revisadas para a realização do Experimento Final, como a própria construção do excerto musical e o design experimental.

Quanto ao excerto musical, para proporcionar uma maior simplificação, excluímos a ideia de utilizar diferentes figurações rítmicas, através da elaboração de um trecho que apresente unicamente

semicolcheias, para que o sujeito não precise dar maior atenção à leitura rítmica, podendo assim concentrar-se no *legato* entre as notas. Concluímos, a partir da realização desse piloto, que os sujeitos se mostraram bem preocupados com a assimilação dos diferentes ritmos e, por ser algo realizado no próprio encontro, a atenção na questão rítmica pode ter prejudicado o foco no *legato*. Ao elaborar um excerto musical que aborde menos fatores envolvidos na CBV no Experimento Final, focamos ainda mais na comparação entre as combinações binárias de dedos da mão esquerda e de dedo e corda solta.

Sobre o design experimental, optamos, para o Experimento Final, por realizar dois encontros, espaçados ao menos uma semana entre si, a fim de que possamos aplicar um tratamento relacionado à melhoria da CBV para o grupo experimental, o que trouxe outra perspectiva de análise para essa pesquisa.

Outra questão pouco satisfatória no Piloto II foi a dos andamentos. Como os sujeitos estudaram os excertos por apenas 20 minutos, pedimos que os gravassem no andamento em que se sentissem confortáveis. Isso provocou uma certa disparidade de andamentos, dificultando uma comparação segura entre os sujeitos. Dessa forma, optamos pela gravação com metrônomo no Experimento Final.

Mesmo com questões a serem refinadas, observamos, a partir dos resultados, algumas recorrências dignas de nota. O posicionamento da mão esquerda de S2, que favorece a atuação dos quatro dedos, proporcionou as menores médias de DROPCBV, demonstrando como uma boa posição de mão esquerda pode ser benéfica para a CBV. O mesmo sujeito também apresentou médias praticamente iguais nas comparações individuais de cada dedo, de onde podemos inferir que a boa posição da mão direita também proporciona uma atuação por igual dos quatro dedos da mão esquerda. Por outro lado, quando notávamos uma certa tensão na mão esquerda de um sujeito, nas diferentes combinações, averiguamos um aumento das médias de DROPCBV, o que é algo positivo, por consistir em um indício de que os resultados numéricos estão representando a realidade, já que uma maior tensão provoca menos controle dos movimentos e maior enrijecimento dos músculos, atrapalhando a execução instrumental (conforme diagnosticado, em nosso caso, pelo aumento da médias de DROPCBV).

Ainda que S1 tenha apresentado médias muito maiores nas combinações de dois dedos, os outros sujeitos tiveram um resultado contrário, o que foi aprofundado no Experimento Final. Observamos também que a tendência de manter a nota mais grave pressionada enquanto se toca a mais aguda – que se dá de forma consistente apenas em S2 – foi um indicativo de menor DROPCBV, com uma conseqüente melhoria do *legato* entre as notas. Dessa forma, S2 apresentou as melhores médias nas combinações de dois dedos.

Nas médias finais, 1-2 apresentou a menor média de DROPCBV, e 2-3, a maior; individualmente, o dedo 1 apresentou a menor média de DROPCBV, e os dedos 3 e 4, a maior média. Esses dados confirmam nossas hipóteses: há maior dificuldade na CBV quando esta envolve os dedos 3 e 4, o que analisamos de forma ainda mais profunda na realização do Experimento Final. Reiteramos que isso pode ter se dado por conta da individualização dos diferentes dedos: em nossa experiência, 1 e 2 parecem ser mais individualizados que 3 e 4. Entretanto, esse resultado pode representar uma falta de estudo dos dedos 3 e 4 pelos sujeitos.

No teste estatístico realizado, constatamos que as diferentes combinações binárias de dedo, ou de dedo e corda solta, não interferem no percentual de DROPCBV e nem na média de DROPCBV por ocorrência, embora tenhamos observado, na análise descritiva, que há diferenças comuns aos sujeitos. Estas, porém, não são significativas estatisticamente. Isso pode ter se dado pelo pequeno número de sujeitos, ou ainda pela falta de foco dos excertos musicais utilizados, o que foi refinado no Experimento Final.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado para a realização dessa pesquisa, e aos participantes do experimento.

REFERÊNCIAS

- ARIAS, José Luis Gallo. *Aspectos interpretativos no choro Nosso Choro de Garoto: uma análise de gravações*. 2014. Dissertação (Mestrado, Música). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- BAADER, Andreas P.; KAZENNIKOV, Oleg; WIESENDANGER, Mario. Coordination of bowing and fingering in violin playing. *Cognitive Brain Research*, 23, 436-443, 2005.
- COOK, Nicholas. Methods for analysing recordings. In: COOK, Nicholas; CLARKE, Eric; LEECH-WILKINSON, Daniel; RINK, John. *The Cambridge Companion to Recorded Music*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. 221-245.
- GERLING, Fredi Vieira. O tempo rubato na Valsa de Esquina N.º 2 de Francisco Mignone. *Claves*, João Pessoa, v. 5, 7-19, maio de 2008.
- GOEBL, Werner. Melody lead in piano performance: expressive device or artifact? *Journal of the Acoustical Society of America*, 110, 563-572, 2001.
- GOEBL, Werner; FLOSSMANN, Sebastian; WIDMER, Gerhadr. Investigations into between-hand synchronization in Magaloff's Chopin. *Computer Music Journal*, 34(3), 35-44, 2010.
- HÄGER-ROSS, Charlotte; SCHIEBER, Marc H. Quantifying the independence of human finger movements: comparisons of digits, hands, and movement frequencies. *Journal of Neuroscience*, 20 (22), 8542- 8550, novembro de 2000.
- HOFMANN, Alex; GOEBL, Werner; WEILGUNI, Michael; MAYER, Alexander; SMETANA, Walter. Measuring tongue and finger coordination in saxophone performance. In: 12th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC) and 8th Triennial Conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music (ESCOM), 2012, Aristotle University Thessaloniki, Thessaloniki, Grécia. *Proceedings of the...* Thessaloniki: ICMPC/ESCOM 2012, 2012. 442-445.
- HOFMANN, Alex; GOEBL, Werner; WEILGUNI, Michael; SMETANA, Walter. Zooming into saxophone performance: tongue and finger coordination. In: International Symposium on Performance Science, 2013, Viena. *Proceedings of the...* Viena: AEC, 2013. 289-294.
- HOLLANDER, Myles; WOLFE, Douglas A. *Nonparametric statistical methods*. New York: John Wiley & Sons, 1973.
- KAZENNIKOV, Oleg; WIESENDANGER, Mario. Bimanual coordination of bowing and fingering in violinists: effects of position changes and string changes. *Motor Control*, 13(3), 297-309, 2009.
- KILCHENMANN, Lorenz; SENN, Olivier. "Play in time, but don't play time": analyzing timing profiles in drum performances. In: International Symposium on Performance Science, 2011, Toronto. *Proceedings of the...* Toronto: AEC, 2011. 593-598.

LONDON, Justin; POLAK, Rainer. Microtiming in Ngòn: categorical production and perception of a non-isochronous meter. In: International Symposium on Performance Science, 2013, Viena. *Proceedings of the...* Viena: ARC, 2013. 645-650.

MACRITCHIE, Jennifer; EIHOLZER, Hubert. Playing hands together: exploring the use of asynchrony as an expressive device. In: International Symposium on Performance Science, 2013, Viena. *Proceedings of the...* Viena: AEC, 2013. 715- 720.

MATSCHULAT, Josias. *Gestos musicais no Ponteio nº 49 de Camargo Guarnieri: uma análise e comparação de gravações*. 2011. Dissertação (Mestrado, Música). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MECHSNER, Franz; KERZEL, Dirk; KNOBLICH, Günther; PRINZ, Wolfgang. Perceptual basis of bimanual coordination. *Nature*, 414, 69-73, novembro de 2001.

OEHLERT, Gary W. *A first course in design and analysis of experiments*. Minnesota: W. H. Freeman, 2010. Disponível em: <<http://users.stat.umn.edu/~gary/book/fcdae.pdf>> . Acesso em: 31 de agosto de 2020.

SCHOONDERWALDT, Erwin; ALTENMÜLLER, Eckart. Mastering the violin: motor learning in complex bowing skills. In: International Symposium on Performance Science, 2011, Toronto. *Proceedings of the...* Toronto: AEC, 2011. 649-654.

SEMJEN, Andras; IVRY, Richard B. The coupled oscillator model of between-hand coordination in alternate-hand tapping: a reappraisal. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance*, vol. 27, n. 2, 251-265, 2001.

SENN, Olivier; KILCHENMANN, Lorenz; CAMP, Marc-Antoine. Expressive timing: Martha Argerich plays Chopin's Prelude op. 28/4 in E minor. In: International Symposium on Performance Science, 2009, Auckland. *Proceedings of the...* Auckland: AEC, 2009. 107-112.

WIESENDANGER, Mario; SERRIEN, Deborah J. The quest to understand bimanual coordination. *Progress in Brain Research*, 143, 491-505, 2004.

SOBRE OS AUTORES

Renan Colombo Simões é professor Adjunto da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), onde desenvolve atividades de ensino (no curso de Licenciatura em Música), pesquisa e extensão. Como violonista, notabilizou-se por receber mais de vinte premiações como solista em concursos competitivos. Realiza apresentações artísticas como solista e como integrante do Duo Capixaba de Violões e do Coletivo NSLO, de performance e criação musical. É Bacharel em Música (Violão) pela Faculdade de Música do Espírito Santo, e Mestre e Doutor em Música (Práticas Interpretativas -Violão) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4478-2027>. E-mail: renansimoes@hotmail.com

Daniel Wolff é Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ex-Professor visitante da Universität der Künste Berlin e da Universidade de Aveiro. É Bacharel em Música pela Escuela Universitaria de Música de la Universidad de la República (Montevideu), Mestre e Doutor em Música pela Manhattan School of Music (Nova Iorque, bolsas CAPES e CNPq). Violonista, arranjador e compositor premiado, publicou artigos, livros e partituras no Brasil, Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha e Portugal. Lançou 13 discos no Brasil, Uruguai e Alemanha, com gravações solo, canções, música de câmara e concertos para violão e orquestra. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0839-9098>. E-mail: daniel@danielwolff.com