

Giordano Cícero de Oliveira Moraes Cornélio

**Análise acústica e cinemática da técnica de
mudança de posição no contrabaixo acústico**

Belo Horizonte

Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais

2013

Giordano Cícero de Oliveira Moraes Cornélio

**Análise acústica e cinemática da técnica de
mudança de posição no contrabaixo acústico**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Música.

Área de concentração: Sonologia

Orientador: Prof. Maurício Alves Loureiro

Coorientador: Prof. Guilherme Lage

Belo Horizonte

Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais

2013

Agradecimentos

Aos brasileiros, por terem custeado os anos da minha formação acadêmica na Universidade Federal de Minas Gerais.

Aos voluntários que participaram deste estudo, pela disposição e pelo interesse.

Ao Professor Maurício Loureiro, por ter me estimulado a enfrentar os desafios de uma pesquisa transdisciplinar marcada pelo ineditismo.

Ao Professor Guilherme Lage, pela ajuda fundamental e pelo apoio incondicional nos momentos cruciais da pesquisa.

Aos colegas Davi Mota e Thiago Campolina, pela ajuda generosa, amizade e companheirismo.

À Professora Juliana Ocarino, ao Professor Thales Souza e ao colega Thiago Teles, do Laboratório de Análise de Movimento da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG, pela cordialidade e pela ajuda na coleta de dados desta pesquisa.

Especialmente à Maria, à minha família e aos meus amigos, pelo apoio, sempre.

Este trabalho foi realizado no Centro de Estudos do Gesto Musical e Expressão (CEGeME) da Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais, em parceria com o Laboratório de Análise de Movimento (LAM) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, na vigência dos auxílios concedidos pela Coordenadoria de Apoio ao Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI).

Resumo

Este estudo investiga a técnica de *mudança de posição* no contrabaixo acústico a partir de duas abordagens complementares: análises cinemática e acústica. Embora o movimento de mudança de posição no contrabaixo seja considerado, neste estudo, como intrinsecamente complexo e dependente de diversos fatores (fisiológicos, culturais e artísticos), esta pesquisa embasou a sua análise cinemática em ideias originadas de um campo científico específico e tratou apenas de uma dimensão do fenômeno. Sugeriu-se que, em alguma medida, devido à sua demanda de rapidez e precisão, a mudança de posição se assemelhe à categoria de *movimento de apontamento*, desenvolvida e estudada na área de Comportamento Motor.

A pesquisa teve como objetivo avaliar a técnica de mudança de posição à luz do modelo híbrido de duas fases de WOODWORTH (1899) de controle de movimentos de apontamento, que pressupõe um certo nível de controle central e divide o movimento em duas partes: um primeiro submovimento resultado do processamento central anterior a ele e um segundo submovimento que pode ocorrer em seguida e que depende de alguma forma de feedback e de controle corrente. Em desenvolvimentos posteriores do modelo, verificou-se que fatores como amplitude e direção do movimento de apontamento influenciam em suas características.

Participaram deste estudo cinco contrabaixistas – com variados níveis de experiência – que executaram trechos do repertório tradicional do instrumento e tiveram suas performances captadas através de gravação de áudio e captura de movimento. A mudança de posição foi então avaliada em quatro condições diferentes, correspondentes às variações na amplitude e na direção do movimento: 1) curto ascendente; 2) curto descendente; 3) longo ascendente e 4) longo descendente. Este estudo buscou avaliar a influência dessas condições e também do nível de experiência nos movimentos dos indivíduos.

Para proceder a análise das informações coletadas, desenvolveu-se descritores acústicos e cinemáticos através dos quais as performances dos sujeitos puderam ser

medidas e comparadas. Como descritores acústicos, utilizou-se o *índice de articulação* e o *fluxo espectral*. Como descritores cinemáticos, utilizou-se as medidas de *duração total do movimento*, *pico de velocidade*, *duração proporcional do primeiro submovimento* e *descontinuidades na curva de aceleração*.

Com base na análise desses descritores, verificou-se neste estudo que a experiência do sujeito influencia em alguma medida as características acústicas e cinemáticas de sua técnica de mudança de posição. Encontrou-se que as condições avaliadas também influenciam as características da mudança de posição, embora não tenha sido possível precisar de que forma essa influência se dá.

Palavras-chave: contrabaixo; mudança de posição; cinemática; acústica; movimento de apontamento; comportamento motor.

Abstract

This study investigates the *position shifting* technique on double bass from two complementary approaches: kinematic and acoustic analysis. Although the position shifting movement on double bass has been considered in this study as inherently complex and dependent on many factors (physiological, cultural and artistic), in this research, we based the kinematic analysis on ideas from a specific scientific field and considered only one dimension of the phenomenon. We have suggested that, to some extent, due to its demand for speed and precision, the position shifting is similar to the category of *goal directed aiming movement*, developed and studied in Motor Behavior.

We aimed to evaluate the technique of position shifting using the two-component model of goal-directed aiming by WOODWORTH (1899), which assumes a certain level of central control and divide the movement into two components: a first phase, derived from central processing and a second phase that depends on some sort of feedback and online control. In later developments of the model, it was found that movement variables such as amplitude and direction influence its characteristics.

The study included five bassists – with varying levels of experience – who performed excerpts from the traditional repertoire of the instrument. The performances were captured through audio recording and motion capture. The position shift was then evaluated in four different conditions, corresponding to variations in the amplitude and direction of movement: 1) short, ascending; 2) short, descending; 3) long, ascending and 4) long, descending. This study sought to evaluate the influence of these conditions and also the level of experience in the movements of individuals.

To carry out the analysis of the information collected, we developed acoustic and kinematic descriptors through which the subjects' performances could be measured and compared. As acoustic descriptors, we used *articulation index* and *spectral flux*. As kinematic descriptors, we used the *motion total duration*, *speed peak*, *proportion length of the first phase* and *discontinuities in acceleration curve*.

Based on analysis of those descriptors, it was found in this study that the subject's experience influences the acoustic and kinematic characteristics of its position shifting technique. It was found that the evaluated conditions also influence the characteristics of the position change, although it was not possible to determine how this influence occurs.

Keywords: double bass; position shifting; kinematic; acoustic; goal directed aiming movement; motor behavior.

Lista de Figuras

FIGURA 1: CONCERTO PARA CONTRABAIXO OP. 3 DE SERGE KOUSSEVITZKY. EXCERTOS EXECUTADOS PELO VOLUNTÁRIO. EXCERTO 1: 1º MOVIMENTO, COMPASSOS. 61-69; EXCERTO 2: 3º MOVIMENTO, COMPASSOS 45-61; EXCERTO 3: 3º MOVIMENTO, COMPASSOS 65-92.	14
FIGURA 2: INTERVALOS ANALISADOS NO EXCERTO DO CONCERTO PARA CONTRABAIXO OP. 3 DE SERGE KOUSSEVITZKY (INTERVALOS SELECIONADOS EM AZUL).	16
FIGURA 3: POSICIONAMENTO DOS MARCADORES NO CORPO (MÃO ESQUERDA) E NO INSTRUMENTO (CAVALETE E PESTANA) DO CONTRABAIXISTA.	23
FIGURA 4: ORDEM DO PROTOCOLO DO ESTUDO.....	24
FIGURA 5: PORCENTAGENS EXPLICADAS PELOS PRIMEIROS COMPONENTES PRINCIPAIS DE TODAS AS AMOSTRAS DE POSIÇÃO DO ESTUDO.....	28
FIGURA 6: INTERVALO I23, TAKE 3 DO SUJEITO 2. EXEMPLO DE CURVA DE VELOCIDADE (EM AZUL) E ENERGIA MÉDIA DA VELOCIDADE (PRETO) DO MOVIMENTO AO LONGO DA CORDA. INÍCIO (LINHA VERTICAL EM VERMELHO) E FINAL (LINHA VERTICAL EM PRETO) DO MOVIMENTO DE MUDANÇA DE POSIÇÃO.	30
FIGURA 7: INTERVALO I23, TAKE 3 DO SUJEITO 2. EXEMPLO DE CURVA DE VELOCIDADE (EM AZUL) E ACELERAÇÃO (EM ROXO) DA POSIÇÃO DA MÃO AO LONGO DA CORDA. INÍCIO (LINHA VERTICAL EM VERMELHO) E FINAL (LINHA VERTICAL EM PRETO) DO MOVIMENTO DE MUDANÇA DE POSIÇÃO. SEGMENTAÇÃO DAS DUAS FASES DO MOVIMENTO (LINHA VERTICAL EM VERDE).	31

Lista de Tabelas

TABELA 1: DURAÇÃO DA MUDANÇA DE POSIÇÃO.	34
TABELA 2: PICO DE VELOCIDADE.	34
TABELA 3: DURAÇÃO PROPORCIONAL DO PRIMEIRO SUBMOVIMENTO (FASE DE IMPULSO INICIAL).	35
TABELA 4: NÚMERO DE DESCONTINUIDADES NA CURVA DE ACELERAÇÃO NO SEGUNDO SUBMOVIMENTO (FASE DE CONTROLE CORRENTE).	35
TABELA 5: ÍNDICE DE ARTICULAÇÃO.	36
TABELA 6: MÉDIA DO FLUXO ESPECTRAL.	36
TABELA 7: ANÁLISE DA NORMALIDADE POR MEIO DO TESTE SHAPIRO-WILK W., ONDE P REFERE-SE AO VALOR DE SIGNIFICÂNCIA E W REFERE-SE AO RESULTADO DO TESTE.	37
TABELA 8: ANÁLISE DA HOMOGENEIDADE DA VARIÂNCIA POR MEIO DO TESTE DE LEVENE, ONDE P REFERE-SE AO VALOR DE SIGNIFICÂNCIA E W REFERE-SE AO RESULTADO DO TESTE.	37
TABELA 9: COMPARAÇÃO DOS DESEMPENHOS DOS SUJEITOS NAS QUATRO CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO POR MEIO DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA ANOVA ONE-WAY, ONDE P REFERE-SE AO VALOR DE SIGNIFICÂNCIA E F REFERE-SE AO RESULTADO DO TESTE.	38
TABELA 10: TESTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE NÍVEL DE EXPERIÊNCIA E MEDIDAS DE DESEMPENHO, ONDE P REFERE-SE AO VALOR DE SIGNIFICÂNCIA E R REFERE-SE AO VALOR DE CORRELAÇÃO.	40

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	ESTUDOS EMPÍRICOS DA PERFORMANCE MUSICAL	1
1.1.1.	MÚSICA E MOVIMENTO	2
1.2.	O CONTRABAIXO ACÚSTICO	3
1.3.	DEDILHADO, POSIÇÃO, MUDANÇA DE POSIÇÃO E MOVIMENTO DE APONTAMENTO	4
1.4.	MOVIMENTO DE APONTAMENTO: O MODELO DE WOODWORTH	7
1.5.	O ESTUDO	9
2.	OBJETIVOS	11
2.1.	GERAL	11
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	12
3.1.	PARTICIPANTES	12
3.2.	MATERIAL MUSICAL	12
3.3.	CLASSIFICAÇÃO DO MOVIMENTO: SALTOS INTERVALARES	15
3.4.	PROCEDIMENTOS	20
3.4.1.	AQUISIÇÃO DE DADOS	20
3.4.2.	DELINEAMENTO DO ESTUDO	21
3.4.3.	PROCEDIMENTOS DO ESTUDO	21
3.5.	PROCESSAMENTO DOS DADOS	25
3.5.1.	DESCRIÇÃO DOS DADOS	25
3.5.2.	SINCRONIZAÇÃO	25
3.6.	DADOS DE ÁUDIO	26
3.6.1.	SEGMENTAÇÃO DAS NOTAS	26
3.6.2.	DESCRITORES DE ÁUDIO	26
3.7.	DADOS CINEMÁTICOS	27
3.7.1.	SEGMENTAÇÃO PRELIMINAR	27
3.7.2.	ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS	27
3.7.3.	DETECÇÃO DE INÍCIO E DE FINAL DO MOVIMENTO DE MUDANÇA DE POSIÇÃO	29
3.7.4.	SEGMENTAÇÃO DA MUDANÇA DE POSIÇÃO EM DOIS SUBMOVIMENTOS	31
3.7.5.	DESCRITORES DE MOVIMENTO	32
3.8.	ANÁLISES DOS DADOS	32
4.	RESULTADOS	34
5.	DISCUSSÃO	41

<u>6.</u>	<u>CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS</u>	<u>48</u>
<u>7.</u>	<u>REFERÊNCIAS</u>	<u>49</u>
<u>ANEXO A</u>		<u>54</u>

1. Introdução

Tocar contrabaixo é movimentar-se. Assim acontece com todos os instrumentos acústicos: a produção sonora é conseguida através da transmissão de energia do músico para o instrumento. O músico se põe em movimento e esses movimentos põem a vibrar os componentes do instrumento responsáveis pela produção do som (seja uma corda, uma palheta, uma pele, etc.). O músico, com seus movimentos, não apenas produz o som, mas também regula os parâmetros do som produzido (frequência, duração, dinâmica, articulação e timbre).

Como se dão, então, essa transferência de energia e essa regulação? De que forma o corpo humano, adaptado para os mais variados e complexos tipos de movimento, está inserido no fazer musical? Este estudo se propõe a examinar uma pequena fração dessas questões, e através de uma forma bastante específica. Conquanto não tenhamos tido a pretensão de explicar ou esgotar um fenômeno tão complexo como o movimento musical, nesta pesquisa propusemos uma forma de abordá-lo, nos valendo de análises acústicas e cinemáticas; utilizando os conhecimentos do campo musical, de análise de sinais e de comportamento motor para pesquisar um exemplo específico de movimento musical: a mudança de posição no contrabaixo acústico.

1.1. Estudos Empíricos da Performance Musical

Estudos sobre performance musical existem desde, pelo menos, o século XVIII. Mas é a partir da virada do século XIX para o XX que estudos empíricos sobre performance começam a aparecer, geralmente em jornais dedicados à florescente disciplina da Psicologia. Nas décadas de 1920 e 1930, na Iowa University (Estados Unidos), Carl Emil Seashore lidera um grupo de estudos que realiza pesquisas intensas sobre performance em piano, violino e canto; as atividades desse grupo culminam, em 1938, na publicação do livro *Psychology of Music*, de Seashore (GABRIELSSON, 2003; SEASHORE, 1938). Dessa forma, a pesquisa sobre performance se firma no campo de estudos da música e se abre cada vez mais para processos de pesquisa

transdisciplinares, se valendo das mais diversas disciplinas das três tradicionais grandes áreas do conhecimento (Ciências Biológicas, Exatas e Humanas).

1.1.1. MÚSICA E MOVIMENTO

Uma corrente de pesquisa acadêmica que se firma cada vez mais é o estudo do movimento na performance musical. Como aponta DAVIDSON (2009), o fato de o corpo possuir um papel crucial tanto na produção quanto na percepção da performance musical é reconhecido desde a antiguidade. Para alguns autores, parece não haver nenhuma outra atividade humana que demande tantas habilidades motoras ordenadas no tempo quanto o desenvolvimento de perícia em um instrumento musical (GABRIELSSON, 2003; WAGNER, 1987). Sabe-se que o conjunto de todas as ações e seus subcomponentes requeridos para o movimento na atividade musical integram um processo altamente complexo, no qual operam concatenadamente fatores mecânicos e neurológicos (DAVIDSON, 2009; JÄNCKE, 2006). Dada essa complexidade de fatores, nota-se que não há, atualmente, uma abordagem específica que se sobreponha em relação às outras na explicação do fenômeno do movimento humano; o que se percebe é uma pluralidade de concepções, desde aquelas que postulam o cérebro como executor central do controle dos movimentos (DAVIDSON, 2009; BERNSTEIN, 1967) até as que advogam que o movimento é condicionado a um sistema dinâmico, no qual os movimentos não são prescritos pelo sistema nervoso central, mas sim, emergem da auto-organização de todos os elementos envolvidos no controle motor (DAVIDSON, 2009; DAHL, 2004).

O movimento na performance musical depende ainda da interação entre as limitações corporais e ergonômicas do indivíduo e do contexto cultural e artístico no qual ele e a performance estão inseridos; e também não está limitado apenas aos movimentos essenciais para a produção do som. São partes constituintes do fazer musical os movimentos relacionados à expressividade, chamados de movimentos acompanhantes; os movimentos relacionados à colaboração e à coordenação entre músicos que tocam em conjunto; e ainda os movimentos que são utilizados com maior ou menor grau de consciência pelo intérprete para se comunicar com a audiência (DAVIDSON, 2009).

Embora reconheça-se a validade dessas diversas concepções distintas, neste estudo, adotou-se um modelo bastante específico, calcado em um paradigma que tende a considerar mais o controle central do movimento do que o seu aspecto dinâmico. Tal escolha foi feita no intuito de dar continuidade a linhas de pesquisas que começaram a estudar, do ponto de vista do controle motor, os movimentos no contrabaixo (LAGE *et al.*, 2002; BORÉM, 2011, PERTZBORN, 2002).

1.2. O contrabaixo acústico

Diversas pesquisas no campo da história do contrabaixo indicam que o seu desenvolvimento está relacionado à história das famílias de instrumentos da viola da gamba e do violino, o que se reflete em seu desenho e em suas proporções ao longo da história e, conseqüentemente, nas cordas e na afinação utilizadas. (BORGIR *et al.* 2013; BRUN, 1989; SLATFORD; SHIPTON, 2013). Diferentes formas de contrabaixos são utilizadas simultaneamente no tempo e no espaço geográfico. Ainda hoje, é notável a variedade de formas que o instrumento possui e a maior liberdade com que os lutaies trabalham o contrabaixo – principalmente em relação aos padrões mais tradicionais encontrados nos outros instrumentos da família das cordas.

Para BRUN (1989), o desenvolvimento histórico do contrabaixo está ligado a duas facetas da história da música, a saber, a evolução na configuração da família do violino e a evolução da orquestra. O autor sustenta que as notáveis diferenças do contrabaixo em relação ao resto da família do violino – ao ponto de o instrumento ser classificado como um híbrido (gamba e violino) – provêm de adaptações causadas por demandas musicais e técnicas durante sua história. De toda forma, apesar desse hibridismo, para o autor, o modelo do contrabaixo e seu ponto de partida teria sido a família do violino.

Já PLANYAVSKY (1984)¹ busca um instrumento com tessitura semelhante à do contrabaixo para traçar a origem deste, caracterizando-se, assim, os seus antecessores através da

¹ Citado por SLATFORD; SHIPTON (2013).

correspondência de afinações e registros dos antigos instrumentos de cordas. Isso possibilita entender quando, na história da música ocidental, surgiu a ideia de se construir um instrumento de cordas que desse conta de abranger um registro tão grave. Esse processo é visto, então, dentro da evolução da tessitura geral dos instrumentos e sua respectiva influência estética na música ocidental. Nesse sentido, um instrumento com registro grave (contra) é encontrado primeiramente entre as violas.

Em sua evolução, o contrabaixo parece ter adotado procedimentos e soluções de desenho e construção de mais de um instrumento musical – principalmente da família dos violinos e das violas. O instrumento se mostra um caso bastante interessante de evolução de projeto de construção dentro da família das cordas orquestrais. Mesmo hoje, ainda podem ser encontrados diversos modelos de caixa acústica, especialmente em relação ao contorno do tampo (como os modelos violino, gamba e busetto) e ainda pode-se encontrar diferenças em relação ao fundo (abaulado ou plano), número de cordas (três, quatro ou cinco), afinação (orquestral, afinação em quintas, vienense, scordatura). Além das diferenças de construção, nota-se ainda variadas técnicas em uso – todas elas plenamente reconhecidas –, tais como o posicionamento do músico sentado ou em pé, a utilização do arco francês ou alemão e as diferentes técnicas de dedilhado.

Uma característica comum a todos os modelos de contrabaixo no entanto é o seu grande comprimento de corda – um dos fatores responsáveis pela capacidade do instrumento soar no registro grave. Essa característica, aliada a outros fatores, faz com sejam necessários movimentos bastante amplos por parte do contrabaixista, principalmente se comparados com outros instrumentos de cordas.

1.3. Dedilhado, posição, mudança de posição e movimento de apontamento

O termo dedilhado, na técnica de instrumentos de corda, indica a colocação dos dedos da mão esquerda sobre as cordas de forma a variar o comprimento das mesmas, mudando, assim, a altura da nota. Por ser o maior instrumento da família das cordas orquestrais e, portanto, ter o maior comprimento de corda, o contrabaixo apresenta, ao longo da sua história, muita

experimentação e uma grande variedade de sistemas de dedilhado. Ainda na atualidade, há diversos sistemas em uso que, além de diferenças técnicas, apresentam diferenças terminológicas principalmente na classificação das posições. Na técnica de instrumentos de corda, o termo posição indica o lugar que a mão esquerda ocupa no espelho² do instrumento. Na parte do braço do instrumento (região grave), em cada posição, tradicionalmente, o contrabaixista alcança três notas presas, separadas por um semitom entre elas; dessa forma, o intervalo formado entre a nota mais grave e a nota mais aguda que o instrumentista consegue abranger em uma posição é de apenas um tom (não se considerando aqui as extensões), diferentemente do que ocorre em instrumentos de menores dimensões como a violino, no qual o instrumentista alcança quatro notas presas em uma mesma posição (quarta justa).

Como se abrange três notas em cada posição e o instrumentista tem quatro dedos disponíveis, diferentes possibilidades de dedilhado foram desenvolvidas para esses quatro dedos executarem as três notas de cada posição. Os sistemas mais utilizados são o dedilhado alemão (também conhecido como francês) e o dedilhado italiano. Ambos utilizam os dedos indicador e mínimo; a principal diferença se refere à utilização do dedo médio no sistema alemão e do dedo anelar no sistema italiano.

A partir do ponto médio da corda, ou seja, a metade de seu comprimento, é comum se utilizar um outro sistema de dedilhado, denominado *capotasto*, no qual se faz uso do polegar ao mesmo tempo que se restringe o uso do dedo mínimo. Através dessa técnica, são executadas as notas mais agudas que se pode tocar em uma determinada corda. Como a distância entre as notas fica menor à medida em que se diminui o comprimento de corda, e, conseqüentemente, aumenta-se a quantidade de notas possíveis de serem tocadas em uma única posição, o sistema de dedilhado utilizado no capotasto é mais homogêneo, isto é, apresenta menos variações.³

Por isso, entre os instrumentos de cordas, é o contrabaixo aquele que apresenta como uma de suas características mais marcantes de técnica instrumental o uso acentuado de mudanças de posição, que consistem em deslocar a mão esquerda sobre o espelho do instrumento, entre duas

² O espelho é a peça, geralmente feita de madeira escura (éban e outras), colada no braço do instrumento. Quando o instrumentista aperta a corda, essa fica presa entre o dedo do músico e a madeira do espelho, causando assim a mudança no comprimento da corda e a conseqüente alteração da nota.

³ Para uma discussão sobre os dois principais sistemas de dedilhados, assim como a proposição sistemática de um terceiro sistema, híbrido, cf. BORÉM (2011).

posições distintas, com possibilidades distintas de notas a serem executadas. Como, em grande parte do tempo, o contrabaixista consegue tocar somente três notas em uma mesma posição e em uma mesma corda, a frequência de mudanças de posição que ele deve executar, mesmo em um trecho musical simples, é bastante elevada. Além disso, devido ao grande comprimento de corda do instrumento, essas mudanças algumas vezes têm uma longa trajetória até que se atinja a nota pretendida. Sendo assim, e ainda considerando que pequenas variações na posição dos dedos da mão esquerda podem influenciar na qualidade da afinação (SLOBODA, 1996), é essencial que a mudança de posição seja executada com *rapidez e precisão* para que o seu resultado sonoro seja satisfatório.

Sendo assim, a mudança de posição, como sugeriu BORÉM (2011), se assemelha à categoria de movimentos de apontamento, estudada nas pesquisas de comportamento motor. Na definição de ELLIOTT e CHUA (1996)⁴, “os movimentos de apontamento caracterizam-se por movimentos rápidos e precisos de direcionamento a um alvo, os quais podem apresentar diferentes demandas perceptomotoras”.

Os movimentos de apontamento têm como característica uma meta definida no espaço, isto é, o movimento se inicia em um ponto de partida e percorre uma trajetória no espaço, com uma determinada velocidade e aceleração, em direção a um alvo que pode ser atingido ou não. Tais características também são encontradas no movimento que se faz para a realização de mudanças de posição no contrabaixo acústico (e, por extensão, nos demais instrumentos de cordas); isto é, sai-se de um ponto de partida (uma nota em uma posição específica no espelho), percorre-se uma trajetória no espaço e chega-se a um alvo (outra nota, em outra posição específica no espelho). Sendo assim, uma das formas de se abordar a questão da mudança de posição contrabaixo é através da noção de movimento de apontamento. Assim se procedeu neste estudo.

⁴ Citado por LAGE (2010).

1.4. Movimento de apontamento: o modelo de Woodworth

Segundo o modelo híbrido de duas fases de WOODWORTH (1899), que trata do controle motor dos movimentos de apontamento, o tempo de movimento é dividido em duas fases ou submovimentos. Antes do movimento, ocorre ainda uma fase de planejamento (LAGE, 2010; KHAN *et al.*, 2003, 2006; ELLIOTT *et al.*, 2010). A partir da concepção inicial de WOODWORTH (1899), variações do modelo foram propostas de acordo com um número crescente de dados que se avolumou à medida em que mais experimentos foram realizados para investigar os movimentos de apontamento (ELLIOTT *et al.*, 2004; 2010).

Na fase anterior ao movimento, que engloba o tempo de reação, acontece o planejamento, que é fruto de três estágios do processamento central, a saber, o tempo para identificação do estímulo (estágio perceptivo), o tempo para selecionar, decidir sobre a resposta (estágio decisional) e o tempo para organizar os comandos motores a serem enviados à musculatura (estágio motor) (LAGE, 2010).

Na primeira fase, ou primeiro submovimento, fruto do controle central, observa-se uma curva de velocidade crescente marcada por um pico – o membro é lançado na direção do alvo com maior ou menor eficácia de acordo com o planejamento anterior (WOODWORTH, 1899; ELLIOTT *et al.* 2001, 2004; LAGE *et al.*, 2007).

Na segunda fase, ou segundo submovimento, acontecem os ajustes, dependentes de controle corrente, na qual observa-se uma curva de velocidade decrescente marcado por variações na aceleração. O movimento é acelerado e desacelerado conforme o feedback fornecido pelos sentidos (LAGE, 2010, ELLIOTT *et al.*, 2004, 2009). Presume-se que, em movimentos muito rápidos, não haja tempo para esse segundo submovimento; e estudos mostraram que o mesmo acontece quando não há informações sensoriais disponíveis (ELLIOTT *et al.*, 2004).

Segundo ELLIOTT *et al.* (2004; 2010), o movimento de apontamento tende a ser finalizado geralmente antes de se atingir o alvo, em vez de ter o final após o alvo (ultrapassando-o). Tal tendência se explicaria pelo fato de que o custo energético e temporal da correção do movimento que chega aquém da meta ser menor do que o custo energético e temporal do movimento que chega além da meta. Isto é, um movimento de apontamento que tem o seu final além da meta tem uma trajetória maior e, para a sua correção, terá que arcar com o custo de

reverter a sua direção. No entanto, há situações em que se pode observar uma modificação nessa tendência: em condições nas quais operam forças externas influenciando o membro que realiza o apontamento (ELLIOTT *et al.*, 2010; LYONS *et al.*, 2006).

LYONS *et al.* (2006) mostram que as características cinemáticas do apontamento dependem do custo dos ajustes realizados. Para tal, os autores realizaram um estudo no qual os movimentos se davam na direção da força gravitacional, tanto no sentido da gravidade, quanto no sentido contrário. Para os movimentos que se direcionavam para baixo, observou-se uma tendência maior a se finalizar o movimento aquém do alvo; para movimentos direcionados para cima, essa tendência foi menor. Isso sugere que, de alguma forma, a estratégia empregada no movimento de apontamento leva em consideração que a correção na direção da força gravitacional é menos custosa em termos energéticos e temporais do que a correção na direção contrária à força gravitacional (ELLIOTT *et al.*, 2004, 2009; LYONS *et al.*, 2006). No contrabaixo acústico, além da já mencionada similaridade entre a mudança de posição e o movimento de apontamento, também pode-se dividir os movimentos entre aqueles que se direcionam para baixo e aqueles que se direcionam para cima. Dessa forma, as estratégias de controle motor empregadas podem diferir de acordo com a direção na qual o músico deve se deslocar.

SCHMIDT *et al.*, (1978, 1979) sugerem que quanto maior a amplitude do movimento (e, portanto, maior necessidade de força muscular) maior é a variabilidade do alcance da meta. Em seus estudos, tal achado pôde ser confirmado em movimentos rápidos (que duravam menos que 200 ms), mas não para movimentos com maior duração, nos quais, presumivelmente, abre-se a possibilidade de ocorrência do segundo submovimento. MEYER *et al.* (1988) sugerem ainda que a variabilidade do alcance da meta aumenta a medida em que aumenta a velocidade do movimento. No contrabaixo, a demanda de movimentos de mudança de posição varia em relação à sua amplitude da seguinte forma: no geral, quanto maior a amplitude do *intervalo melódico* a ser tocado, maior será a amplitude do movimento de *mudança de posição*.

Outro fator que interfere diretamente na qualidade do controle motor é o nível de experiência do executante. ELLIOTT *et al.* (2004, 2009) argumenta que, embora os modelos defendidos ao longo do desenvolvimento das pesquisas sobre movimentos de apontamento variem na importância dada ao papel de cada submovimento e aos fatores envolvidos nestes, tais

modelos, no geral, são modelos estáticos, não levando em consideração a possibilidade de que a relação de importância de cada submovimento e suas características possam variar com a prática (experiência). Em um protocolo que envolvia a realização de uma mesma tarefa de apontamento ao longo de um período de quatro dias, no qual dividiu-se as tentativas em cinco blocos de tentativas por dia e que, por isso, levou em conta a experiência do ponto de vista imediato (entre tentativas), ELLIOTT *et al.* (2004), encontraram que, com a prática, tende-se a 1) diminuir a duração do movimento; 2) atingir picos de velocidade cada vez maiores; 3) gastar cada vez menos tempo para alcançar o pico de velocidade; 4) diminuir o número de correções e 5) diminuir a duração do segundo submovimento. Em relação à *expertise*, ELLIOTT *et al.* (2009) sugerem que o movimento do *expert* se diferencia ainda por conter uma forma de controle corrente já no primeiro submovimento do apontamento. Tal se daria, segundo os autores, por comparação da informação sensorial mesmo durante os primeiros instantes do movimento com uma representação interna das consequências sensoriais esperadas para aquele movimento.

VERREL *et al.* encontraram em seus estudos (2012, 2013) sobre o movimento do arco em violoncelistas que os *experts* se movem de maneira bastante diferente do que os novatos. Nos protocolos destes autores, comparou-se os desempenhos de violoncelistas *experts* com os de sujeitos não familiarizados com o violoncelo ou qualquer outro instrumento de cordas – a estes últimos, foi dada somente uma instrução com duração de 20 minutos antes do estudo. Os autores encontraram que a velocidade com que os *experts* se movimentam é maior do que a dos novatos, a variabilidade dos parâmetros medidos é menor para os *experts* e, além disso, o seu movimento utiliza mais os graus de liberdade de todas as articulações analisadas do braço (ombro, cotovelo, punho e dedos do braço direito) do que o movimento dos novatos.

1.5. O estudo

Tendo em vista as questões abordadas, planejou-se um estudo no qual analisamos os perfis de velocidade e aceleração de contrabaixistas realizando mudanças de posição compreendidas em uma peça tradicional do repertório do instrumento. Para aplicar, no estudo do contrabaixo, os conceitos de controle motor ora apresentados, elaboramos então quatro condições de execução para as mudanças de posição, divididas em intervalos melódicos. São eles: 1) intervalo curto ascendente; 2) intervalo curto descendente; 3) intervalo longo ascendente e 4)

intervalo longo descendente. Note-se que, no contrabaixo, os intervalos melódicos ascendentes tocados em uma mesma corda correspondem a movimentos para baixo e, da mesma forma, os intervalos melódicos descendentes correspondem a movimentos para cima. Neste texto, adotou-se a nomenclatura ascendente/descendente sempre em relação ao intervalo melódico. Com tais condições planejou-se verificar a influência da direção (ascendente ou descendente) e da amplitude (curto ou longo) do movimento no desempenho da mudança de posição.

Em todas as condições, os intervalos selecionados estavam notados com a articulação *legato*, que indica que as notas devem ser tocadas sem separação entre elas⁵. Dessa forma, pôde-se averiguar, além de medidas cinemáticas, medidas de desempenho acústicas para efeito de descrição e comparação entre os sujeitos. Em instrumentos de arco, geralmente, utiliza-se o mesmo golpe de arco para notas ligadas, como forma de se conseguir o melhor *legato* possível⁶. Dado que, durante a mudança de posição, o contrabaixista deve sair de uma posição no espelho do instrumento e chegar em outra posição (a uma determinada distância da primeira), realizar uma sequência de notas em *legato* nessas condições se mostra um desafio. Como manter as notas ligadas, ou com o mínimo de separação possível, sendo que entre elas há um movimento de mudança de posição?

Para este estudo, realizamos uma coleta de dados com captura de movimento e gravação de áudio das performances estudadas. Posteriormente, realizou-se o tratamento estatístico adequado para a análise dos dados gerados na coleta.

⁵ Diferentes tipos de articulação apresentam vários graus de conexão/separação nas transições entre notas, variando de *legatissimo* (menor separação entre as notas), *tenuto*, *portamento*, *legato*, *portato*, *non legato*, *mezzo-staccato*, *staccato*, *staccatissimo* (o maior grau de separação entre as notas), sendo que alguns desses termos têm conotações que não se restringem apenas a graus de conexão/articulação. (CHEW, Sem data)

⁶ Vários exemplos de articulação no contrabaixo podem ser consultados em vídeos que ilustram o manual de orquestração disponível no seguinte site (HUGILL, 2004): <<http://andrewhugill.com/manuals/bass/bowing.html>>

2. Objetivos

2.1. Geral

- Analisar a técnica de mudança de posição no contrabaixo acústico a partir de uma análise acústica e cinemática à luz do modelo híbrido de duas fases de WOODWORTH (1899) de controle de movimentos de apontamento.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a influência das condições 1) intervalo curto ascendente; 2) intervalo curto descendente; 3) intervalo longo ascendente e 4) intervalo longo descendente no desempenho dos sujeitos.
- Avaliar a relação entre as características dos movimentos executados e a experiência dos contrabaixistas.
- Avaliar a relação entre as características acústicas dos intervalos musicais executados e a experiência dos contrabaixistas.

3. Materiais e métodos

Para este estudo, realizamos a coleta de dados de movimento e áudio da performance de contrabaixistas executando trechos musicais ao contrabaixo.

3.1. Participantes

Participaram deste estudo cinco voluntários, todos do sexo masculino, entre 18 e 53 anos de idade, com experiência prévia na tarefa a ser realizada. A experiência de cada voluntário foi detalhada através do Formulário de Experiência Prévia (FEP) (Anexo A).

Dada a natureza da tarefa a ser realizada na coleta de dados desta pesquisa – uma performance musical ao contrabaixo acústico –, foi utilizada uma amostra caracterizada por conveniência e composta pelo máximo de indivíduos contrabaixistas que se dispuseram a participar do estudo. No período da coleta, quatro voluntários faziam aula de contrabaixo com o mesmo professor, que também participou do estudo.

3.2. Material musical

Para coletar os dados necessários para a análise da mudança de posição, optou-se por estudar trechos musicais do repertório tradicional do instrumento com o objetivo de simular uma situação real da prática do instrumentista para, em seguida, separar e analisar a mudança de posição a partir da abordagem escolhida. Portanto, neste estudo, não se separou, de antemão, os intervalos de interesse, de forma que eles se encontram em um fluxo de movimento contínuo que vai do início até o final do excerto.

O material musical consistiu em três excertos da peça *Concerto para Contrabaixo op. 3* de Serge Koussevitzky, ilustrados na Figura 1 abaixo. A escolha dessa peça se deveu ao fato de a mesma apresentar os tipos de intervalos melódicos que se pretendia analisar, além de ser uma peça consagrada do repertório.

Nesse estudo, utilizou-se a edição de Robert Forberg (ca. 1910) como referência⁷. A partir dela, foi feita uma edição dos excertos escolhidos para o estudo, de forma a facilitar a leitura pelos voluntários, mantendo-se, no entanto, todas as indicações da edição de referência. A edição dos excertos pode ser vista na Figura 1.

⁷ A edição de referência está disponível na internet no seguinte endereço:
<[http://imslp.org/wiki/Double_Bass_Concerto,_Op.3_\(Koussevitzky,_Serge\)](http://imslp.org/wiki/Double_Bass_Concerto,_Op.3_(Koussevitzky,_Serge))> Acesso em: 26 jun 2013.

Concerto para contrabaixo, Op. 3

Excertos

Serge Koussevitzky

Excerto 1

61 *a tempo*
Contrabaixo *mf*

63 *poco rit.*

65 *a tempo*
p

67 *mf* *f*

Excerto 2

45 *Alla breve*
mf *f*

50

55

59

Excerto 3

65 *Alla breve*
f *cresc.*

72 *p* *mf* *p*

79 *mf* *f*

86 *ff*

Figura 1: Concerto para Contrabaixo op. 3 de Serge Koussevitzky. Excertos executados pelo voluntário. **Excerto 1:** 1º movimento, compassos. 61-69; **Excerto 2:** 3º movimento, compassos 45-61; **Excerto 3:** 3º movimento, compassos 65-92.

Dado que, nesta pesquisa, o foco de análise são as mudanças de posição, escolheu-se, nos excertos, os intervalos mais propensos à ocorrência de tal fenômeno. Como a escolha de dedilhados pode variar de instrumentista para instrumentista, foram marcados vários intervalos de interesse, que foram classificados da maneira descrita a seguir.

3.3. Classificação do movimento: saltos intervalares

Levando-se em consideração a direção e a amplitude do movimento, quatro tipos de movimento são possíveis na mudança de posição. Dessa forma, considerando as quatro combinações possíveis entre a direção e amplitude do movimento, temos: 1) curto ascendente (CA); 2) curto descendente (CD); 3) longo ascendente (LA) e 4) longo descendente (LD).

Optou-se por designar a direção do movimento como ascendente/descendente, com referência à direção do movimento melódico e não do movimento físico da mão do instrumentista no espelho do contrabaixo, quando realizado em uma mesma corda. Do mesmo modo, para a classificação da amplitude do movimento como curto ou longo, optou-se pela referência melódica e não física, dado que ela geralmente indica os graus da mudança de posição. Definiu-se que intervalos melódicos de até uma quarta justa correspondem a movimentos curtos e intervalos maiores do que uma quarta justa a movimentos longos, mesmo que a distância percorrida pela mão esquerda do contrabaixista possa variar para um mesmo intervalo dependendo da região do espelho onde se dá a mudança de posição.

Os intervalos compreendidos em cada um dos três excertos escolhidos podem ser vistos na Figura 2 e são listados em seguida:

Concerto para contrabaixo, Op. 3

Excertos

Serge Koussevitzky

The image displays three excerpts from the Concerto for Contrabasso, Op. 3, by Serge Koussevitzky. The score is written for Contrabasso and includes various musical notations such as dynamics (mf, p, f, ff), tempo markings (a tempo, poco rit., Alla breve), and articulation (accents, slurs). Intervals are marked with red circles and labeled i1 through i29. Intervals i1, i2, i12, and i23 are highlighted with blue circles, indicating they are the selected intervals for analysis. Excerpt 1 (measures 61-67) features intervals i1-i8. Excerpt 2 (measures 45-59) features intervals i9-i19. Excerpt 3 (measures 65-86) features intervals i20-i29.

Figura 2: Intervalos analisados no excerto do Concerto para Contrabaixo op. 3 de Serge Koussevitzky (intervalos selecionados em azul).

1º excerto: Movimento I - cc. 61-69

- i1) c.62: 3ª Maior ascendente (registro médio → agudo) CA
- i2) c.62: 4ª justa ascendente (registro médio → médio) CA
- i3) c. 63: 6ª Maior descendente (registro superagudo → agudo) LD
- i4) c.63: 5ª diminuta descendente (registro agudo → médio) LD
- i5) c.63: 5ª diminuta descendente (registro médio → grave) LD
- i6) c.65: 3ª menor ascendente (registro médio → agudo) CA
- i7) c.65-66: 3ª menor ascendente (registro agudo → superagudo) CA
- i8) c.67: 3ª menor ascendente (registro agudo → agudo) CA

Número de intervalos de cada tipo contidos no 1º excerto:

CA = 5

CD = 0

LA = 0

LD = 3

2º excerto: Movimento III - cc. 45-61

- i9) c.49: 8ª justa descendente (registro agudo → grave) LD
- i10) c.51: 8ª justa descendente (registro agudo → grave) LD
- i11) c.53: 8ª justa descendente (registro superagudo → médio) LD
- i12) c.57: 4ª justa descendente (registro superagudo → agudo) CD
- i13) c.57: 3ª Maior descendente (registro agudo → agudo) CD
- i14) c.57: 3ª menor descendente (registro agudo → médio) CD
- i15) c.57: 5ª justa ascendente (registro médio → agudo) LA
- i16) c.58: 3ª Maior descendente (registro agudo → agudo) CD

- i17) c.58: 3ª menor descendente (registro agudo → médio) CD
i18) c.58: 3ª menor descendente (registro médio → médio) CD
i19) c.58: 7ª diminuta ascendente (registro médio → agudo) LA

Número de intervalos de cada tipo contidos no 2º excerto:

CA = 0

CD = 6

LA = 2

LD = 3

3º excerto: Movimento III - cc. 65-91

- i20) c.73: 6ª menor ascendente (registro grave → médio) LA
i21) c.75: 5ª justa ascendente (registro médio → agudo) LA
i22) c.77: 5ª diminuta ascendente (registro agudo → superagudo) LA
i23) c.81: 5ª justa descendente (registro superagudo → agudo) LD
i24) c.86-87: 6ª menor ascendente (registro agudo → superagudo) LA
i25) c.87: 4ª justa descendente (registro superagudo → agudo) CD
i26) c.88-89: 6ª Maior ascendente (registro médio → superagudo) LA
i27) c.89: 4ª justa descendente (registro superagudo → agudo) CD
i28) c.89: 3ª menor descendente (registro agudo → médio) CD
i29) c.89-90: 3ª menor ascendente (registro médio → agudo) CA

Número de intervalos de cada tipo contidos no 3º excerto:

$$CA = 1$$

$$CD = 3$$

$$LA = 5$$

$$LD = 1$$

Número de intervalos de cada tipo contidos nos 3 excertos:

$$CA = 6$$

$$CD = 9$$

$$LA = 7$$

$$LD = 7$$

Como visto, os três excertos contêm toda a gama de intervalos propostos. Após examinar os dados coletados, optou-se por selecionar 4 destes intervalos para a análise proposta:

- Curto ascendente: i1
- Curto descendente: i12
- Longo ascendente: i19
- Longo descendente: i23

Visando otimizar a análise, esta seleção considerou dois aspectos relacionados a este intervalos:

- Verificou-se que todos os sujeitos executaram estes intervalos com mudança de posição em uma mesma corda.

- Como pode ser observado na Figura 2 acima, estes quatro intervalos são marcados com um *legato*, o que pede ao instrumentista uma articulação com o mínimo de separação possível entre as notas.

3.4. Procedimentos

3.4.1. AQUISIÇÃO DE DADOS

Para este estudo, foi empregado o sistema de captura de movimento *Qualisys ProReflex* da empresa *Qualisys AB*, disponível no Laboratório de Análise de Movimento (LAM) pertencente ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da UFMG. A coleta dos dados foi realizada nesse laboratório.

O sistema *Qualisys ProReflex* é um sistema de captura de movimento passivo constituído de um conjunto de marcadores refletores e câmeras que emitem e captam luz infravermelha. A luz emitida pelas câmeras, refletida pelos marcadores e captada pelo conjunto de câmeras dá a posição do marcador no espaço (eixos X,Y e Z)⁸. O sistema é conectado a um computador (rodando o sistema operacional Windows) no qual os dados são processados com o software próprio do sistema *Qualisys*. Os dados de movimento foram coletados a uma taxa de 240 Hertz. No arranjo de câmeras escolhido, foram utilizadas cinco câmeras *ProReflex*.

Para a coleta de áudio, foi utilizado o sistema de gravação portátil *Zoom H4n*. A taxa de amostragem da gravação de áudio foi de 48.000 Hertz. Os dados dos dois microfones estéereos do sistema foram combinados em um áudio monofônico para facilitar a análise.

⁸ “The basic principle of the ProReflex MCU is to expose reflective markers to infrared light and detect the light reflected by the markers. The 2-dimensional image of the markers, projected on the CCD of the camera, is digitized and processed in real time by the MCU. During processing, the 2-dimensional coordinates of each marker center are calculated and output to the host computer in real time via a serial port. A system of several units can be daisy chained to perform multi-camera measurements. The 2-dimensional data from each camera in such a system is retrieved simultaneously. The data from several cameras can be used for calculating the 3-dimensional position of each marker in view.” (ProReflex, Sem data)

3.4.2. DELINEAMENTO DO ESTUDO

A tarefa realizada consiste na execução ao contrabaixo de três excertos do *Concerto para Contrabaixo op. 3* de Serge Koussevitzky, como descrito na seção anterior. O voluntário foi instruído a executar os trechos livremente, sem acompanhamento. Nenhuma indicação de andamento foi fornecida além das indicações contidas na partitura. Com isso, pretendeu-se interferir o mínimo possível na performance do participante. O participante não foi informado sobre o que seria avaliado na sua performance.

Para cada excerto, foram gravadas quantas tentativas o participante julgasse necessárias, a fim de se obter três tomadas completas e devidamente aprovadas pelo próprio participante. Tentativas não aprovadas foram descartadas.

3.4.3. PROCEDIMENTOS DO ESTUDO

Uma semana antes da sessão prática, os participantes receberam as instruções da tarefa a ser realizada e as partituras da mesma. Os participantes foram instruídos a estudar a edição dos três excertos do *Concerto para Contrabaixo op. 3* de Koussevitzky por, no mínimo, um total de seis horas durante a semana anterior à sessão prática.

Antes da chegada do participante ao laboratório, o equipamento de captura de movimento foi preparado, posicionando-se as câmeras, iniciando-se o software de coleta de dados e realizando-se a calibração do arranjo de câmeras.

Ainda antes da sessão de prática, os participantes foram solicitados a preencher o Formulário de Experiência Prévia (FEP) e a se preparar para a realização do experimento. Após o preenchimento do FEP, o participante preparou o seu instrumento e acessórios e, em seguida, foi preparado pelo pesquisador para a realização do experimento. Isso feito, deu-se início à 1) colocação e ajuste do equipamento de captura de movimento no participante; 2) ao detalhamento, pelo pesquisador, das instruções sobre a tarefa a ser realizada.

Cada sujeito utilizou o seu próprio instrumento musical bem como os seus próprios acessórios, isto é, arco, resina, banco (quando necessário), etc. Tal procedimento se deve ao fato de que diferentes técnicas requerem acessórios específicos e, além disso, discrepâncias observadas entre os materiais porventura disponíveis para o estudo e aqueles geralmente

utilizados pelo instrumentista poderiam acarretar dificuldades na performance. Sendo assim, cada instrumentista usou os acessórios apropriados à sua técnica e com os quais já estava habituado.

Foi realizado também o ajuste do equipamento de gravação de áudio. O microfone foi posicionado próximo ao chão, sobre um anteparo, a uma distância de 50 cm do instrumento. Foi feito um teste preliminar com o participante para ajustar a sensibilidade do microfone.

A colocação dos marcadores foi feita diretamente na pele do sujeito e em seu instrumento através do uso de fita adesiva dupla face. O marcador da mão esquerda do sujeito foi colocado na extremidade próxima à articulação metacarpofalangiana do terceiro metacarpo. No instrumento do participante, foram colocados dois marcadores nas extremidades do cavalete (próximos às cordas I e IV) e um marcador na pestana do instrumento. O posicionamento dos marcadores pode ser visualizado na Figura 3 a seguir.



Figura 3: Posicionamento dos marcadores no corpo (mão esquerda) e no instrumento (cavelete e pestana) do contrabaixista.

Após a colocação dos marcadores, o sujeito foi instruído a fazer um aquecimento no tempo total de 20 minutos. Esse aquecimento, além da finalidade de preparação física e psicológica para a performance, teve por objetivo que o sujeito se familiarizasse com os marcadores e o ambiente laboratorial antes que a coleta dos dados de áudio e movimento fosse iniciada. A ordem do protocolo do estudo pode ser visualizada na Figura 4.

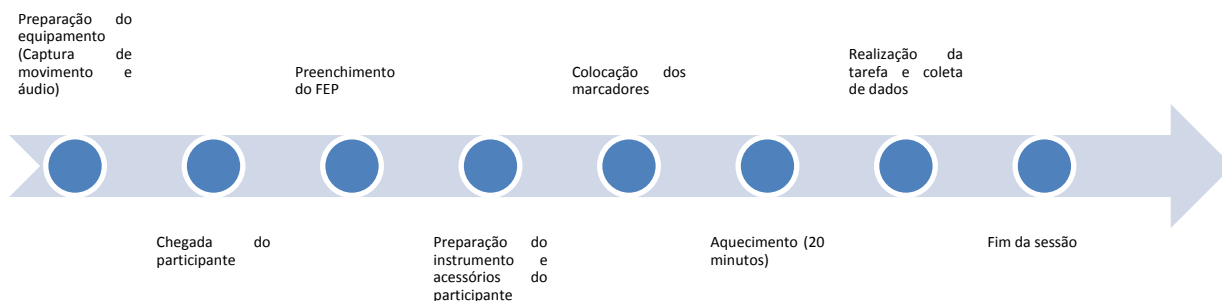


Figura 4: Ordem do protocolo do estudo.

No decorrer das coletas de dados, perdeu-se as informações de posição dos marcadores afixados no contraabaixo em muitas amostras. Isto ocorreu, principalmente, por oclusão, no caso dos marcadores do cavalete, e pelo fato de o marcador ter saído da área captada pelo conjunto de câmeras, no caso do marcador da pestana. Com estas posições, seria possível subtrair o movimento do contraabaixo do movimento do marcador da mão do contraabaixista e em seguida projetar as posições do marcador da mão linearmente na corda, tendo assim, uma representação do movimento da mão do sujeito na corda. Dada a perda de informações de posição dos marcadores do contraabaixo, não foi possível proceder da forma como foi planejado.

Sabe-se que a mudança de posição acontece ao longo das cordas do contraabaixo. Além disso, as posições de saída e de chegada do movimento de mudança de posição estão separadas por uma linha reta correspondente à própria corda. Após a análise preliminar dos dados coletados, percebeu-se que o movimento da mão do contraabaixista se dá em grande parte, ao longo de uma única dimensão – ao longo da corda. Sendo assim, para remediar a perda das posições do contraabaixo e conseguir uma projeção das posições do marcador da mão do sujeito na corda do instrumento, consideramos, então, que a informação relevante poderia ser acessada através de uma Análise por Componentes Principais (*Principal Component Analysis* – PCA). O método utilizado, bem como os seus resultados, são apresentados a seguir, no capítulo de Processamento de dados.

3.5. Processamento dos dados

3.5.1. DESCRIÇÃO DOS DADOS

As posições espaciais tridimensionais dos marcadores, como acima mencionado, foram rastreadas pelo sistema *Qualisys*. O áudio da performance foi obtido em gravações estereofônicas, as quais foram transformados em monofônicos a partir da combinação dos dois microfones do sistema *Zoom H4n*.

Os dados cinemáticos foram processados por um filtro Butterworth passa baixa de terceira ordem com frequência de corte em 20 Hz.

3.5.2. SINCRONIZAÇÃO

A sincronização dos dados de áudio com os dados de movimento foi feita utilizando-se uma claquete – o sujeito foi instruído a bater com a mão esquerda (na qual estava afixado o marcador) em um anteparo sólido. Assim, o próprio marcador da mão esquerda serviu de referência para a sincronização. Para sincronizar os dados, foi realizado um cálculo preliminar da velocidade e da aceleração do marcador. A sincronização foi obtida a partir da detecção do cruzamento do zero da aceleração (positivo para negativo) após o primeiro pico na curva de velocidade do marcador da mão esquerda – que corresponde ao momento em que a mão do sujeito encontra o anteparo – e do instante de início do ruído da batida da claquete.

3.6. Dados de áudio

3.6.1. SEGMENTAÇÃO DAS NOTAS

A segmentação das notas correspondentes aos intervalos analisados foi obtida utilizando-se o sistema de análise de informação musical *Expan*, desenvolvido no Centro de Estudos do Gesto Musical e Expressão (CEGeME) da Escola de Música da UFMG (MOTA *et al.* 2009), com o auxílio da interface do software *Sonic Visualiser*, desenvolvido no Centre for Digital Music na Queen Mary, University of London (COOK, N.; LEECH-WILKINSON, D. Sem data).

No software *Expan*, a detecção de início e final de nota é feita utilizando-se o envelope de energia média, definido como o valor quadrático médio (*root mean square* – RMS) e um limiar adaptativo (LOUREIRO *et al.*, 2012; DE POLI; MION, 2006). O limiar adaptativo é definido como uma curva média de energia RMS calculada em uma certa vizinhança de cada ponto do envelope RMS. Esta curva estabelece o limiar adaptativo, e este intercepta a curva de energia RMS nas regiões de transição entre notas. As transições entre as notas consecutivas são detectadas através das intercepções do limiar com o envelope RMS. Os pontos de início e final da nota são determinados buscando-se mínimos de energia entre estes pontos de intersecção (LOUREIRO *et al.*, 2012).

Com o sistema *Expan* obtivemos o início e o final de cada uma das duas notas que compõem cada um dos quatro intervalos analisados para cada um dos sujeitos. Foram feitas correções manuais por exames auditivo e pela forma de onda do sinal de áudio.

3.6.2. DESCRITORES DE ÁUDIO

Índice de articulação: Neste estudo, optou-se por analisar somente intervalos melódicos com duas notas ligadas em mudança de posição. Dado que a mudança de posição se encontra no decorrer da ligadura, buscou-se estimar o quanto de separação entre as notas ocorreu nos intervalos estudados. Para tal, utilizou-se o índice de articulação do *software Expan*. Quanto mais próximo de zero for o valor deste índice, menos separadas estão as notas avaliadas.

O índice de articulação é definido como a razão de 1) a duração compreendida desde o início da primeira nota até o final da mesma; por 2) a duração compreendida desde o início da primeira nota até o início da próxima nota. (MOTA, 2012; BRESIN, 2001).

Fluxo Espectral: Para avaliar como se deu a transição durante a execução das duas notas ligadas, avaliamos a média do fluxo espectral durante a mudança de posição. Para obter-se o fluxo espectral, mede-se a correlação entre as amplitudes espectrais de regiões consecutivas do sinal de áudio. Em seguida, calcula-se a média dessas correlações no período da transição entre as notas – que foi considerado entre o final da primeira nota e o início da segunda. Com a média, pôde-se obter um valor de estimativa do comportamento do fluxo para efeito de comparação entre condições e entre sujeitos. Os valores obtidos encontram-se em um limite de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1 é o valor, mais estável é o conteúdo espectral.

3.7. Dados cinemáticos

3.7.1. SEGMENTAÇÃO PRELIMINAR

Para a detecção do início e do final do movimento de mudança de posição do contrabaixista para cada intervalo analisado, foram considerados 30 quadros antes do início da primeira nota e 30 quadros depois do final da segunda nota do intervalo. A margem de 30 quadros se mostrou suficiente para que não se perdesse o início do movimento de mudança de posição nem a finalização do movimento da segunda nota.

3.7.2. ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS

Como mencionado anteriormente, perdeu-se a informação de posição dos marcadores afixados no instrumento para várias amostras. Para obter as informações relevantes para o estudo – a posição da mão do contrabaixista sobre a corda –, com um alto grau de aproximação, realizamos uma Análise por Componentes Principais (*Principal Component Analysis – PCA*),

que encontra a combinação linear entre as dimensões das posições que melhor explica a variância em ordem decrescente (JOHNSON; WICHERN, 1998). A PCA aplicada aos dados de posição do marcador da mão esquerda do sujeito da região da segmentação preliminar foi capaz de explicar em média 97,12 % dos dados com apenas um componente, o que sugere que a dimensão desse primeiro componente constitui-se em uma boa aproximação da dimensão da corda, ao longo da qual o movimento aconteceu. As porcentagens explicadas dos primeiros componentes principais de todas as amostras estão representadas através de um diagrama de caixa (*boxplot*) na Figura 5.

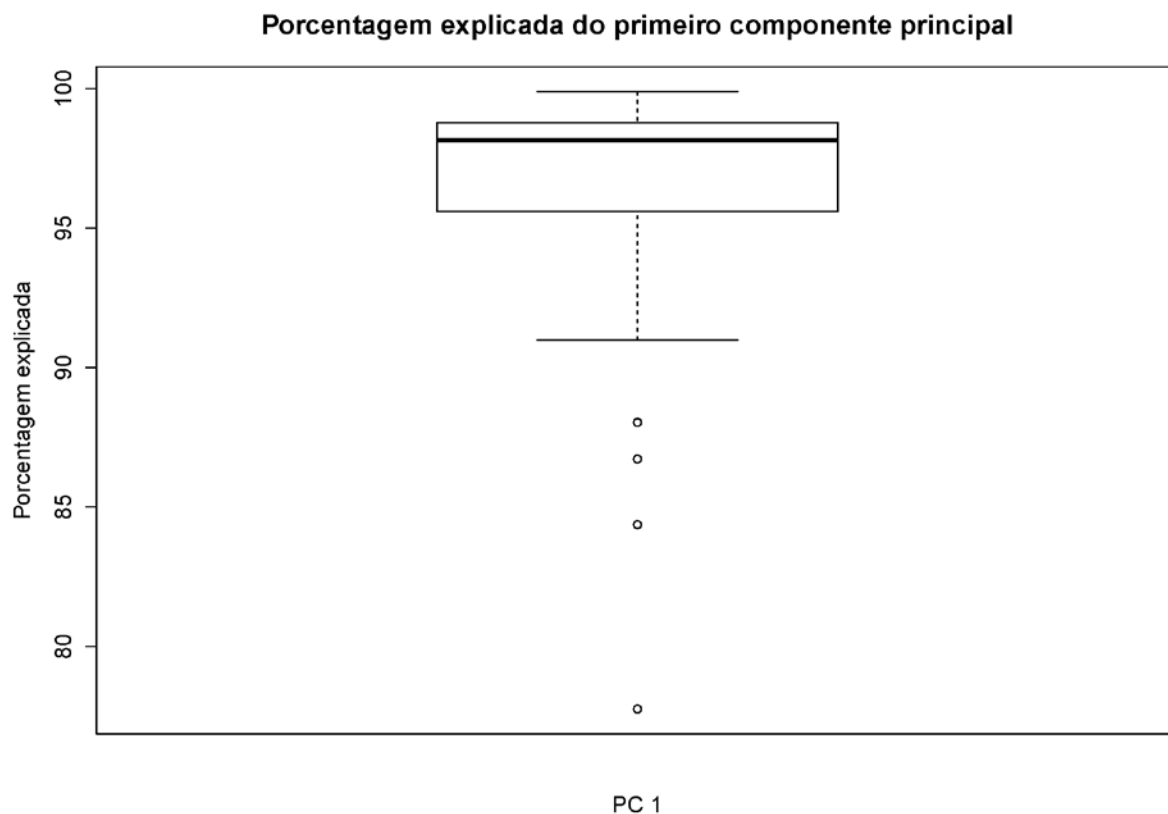


Figura 5: Porcentagens explicadas pelos primeiros componentes principais de todas as amostras de posição do estudo.

Dessa forma, as posições ao longo do primeiro componente principal foram consideradas, neste estudo, como a projeção das posições do marcador da mão esquerda dos sujeitos na corda. A velocidade e a aceleração do movimento foram estimadas a partir dessas posições.

3.7.3. DETECÇÃO DE INÍCIO E DE FINAL DO MOVIMENTO DE MUDANÇA DE POSIÇÃO

Para coletar os dados necessários para a análise da mudança de posição, escolhemos estudar trechos musicais do repertório já consagrado ao instrumento, em vez de utilizarmos trechos criados exclusivamente para o estudo. Dessa forma, o nosso objetivo foi se aproximar da prática real do instrumentista – inerentemente complexa – para, a partir daí, separarmos e analisarmos a mudança de posição a partir da abordagem escolhida. Definir onde começa e termina o movimento de mudança de posição se mostra, portanto, uma importante questão a ser considerada. Separar analiticamente uma parte específica de um fenômeno contínuo demanda, então, uma escolha metodológica. O método de definição do início e do fim do movimento de mudança de posição descrito a seguir foi o que se mostrou mais adequado a este estudo.

Para detectar o início e o fim do movimento de mudança de posição correspondente à execução dos intervalos estudados, calculou-se a velocidade do marcador da mão esquerda, que foi definida como a distância euclidiana entre pontos os consecutivos da posição ao longo da corda. Para a aceleração, foi feito o mesmo em segunda ordem.

Analisou-se, então, a curva de velocidade modular desses intervalos e computou-se o instante do último vale antes do pico. Esse ponto corresponde ao instante no qual tem início o aumento acentuado da velocidade que caracteriza a saída da mão da posição de partida em direção a posição de chegada.

No final do movimento de mudança de posição – a chegada da mão na posição desejada – pode-se observar a presença de variações na curva de velocidade modular que correspondem, presumivelmente, às discontinuidades provenientes dos ajustes dependentes de *feedback* e controle corrente do segundo submovimento. Após a chegada da mão do contrabaixista na posição almejada, observa-se outras variações na curva de velocidade, correspondentes a movimentos como vibrato, às próximas mudanças de posição e outros. A forma como o instrumentista termina o movimento de mudança de posição já está conectada com o restante do trecho musical que será executado. Ao contrário do início da mudança de posição, o seu final se mostra marcado por variações na curva de velocidade, que são pequenas em relação ao pico.

Após uma grande variação da velocidade – correspondente ao pico – esta cai até níveis próximos de zero para, então, começar a variar novamente conforme o próximo movimento do contrabaixista. Dada a natureza semelhante entre todos os movimentos de mudança de posição, esse comportamento foi observado em todas as curvas de velocidade modular dos intervalos

estudados. Sendo assim, através de uma suavização dessa curva de velocidade, com o cálculo de sua energia média, estimou-se o final do movimento.

Como forma de obter a energia média da curva, calculamos o RMS (*root mean square* – valor quadrático médio) da curva de velocidade calculada para a região da segmentação preliminar. O RMS foi calculado com uma janela de 48 quadros e a sobreposição de $\frac{1}{4}$ da janela. Com isso, obtivemos uma curva suavizada da velocidade. O final do movimento foi detectado então no mínimo local após o pico da curva de energia média da velocidade. Os procedimentos são ilustrados na Figura 6.

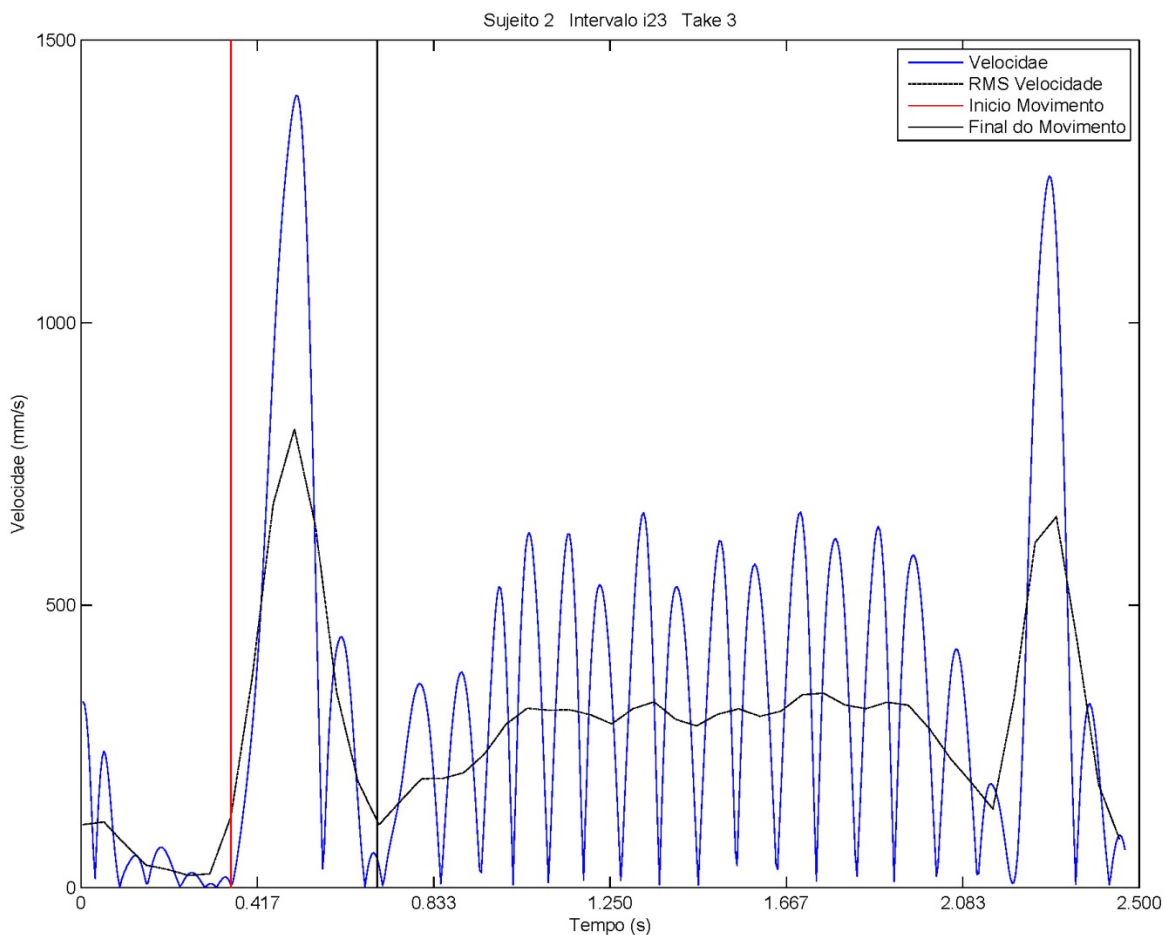


Figura 6: Intervalo i23, take 3 do sujeito 2. Exemplo de curva de velocidade (em azul) e energia média da velocidade (preto) do movimento ao longo da corda. Início (linha vertical em vermelho) e final (linha vertical em preto) do movimento de mudança de posição.

3.7.4. SEGMENTAÇÃO DA MUDANÇA DE POSIÇÃO EM DOIS SUBMOVIMENTOS

Como visto na introdução deste estudo, considerou-se, de acordo com a aplicação proposta para o modelo híbrido de duas fases de WOODWORTH (1899), que a mudança de posição poderia ser dividida em duas fases ou submovimentos: 1) o primeiro submovimento, no qual acontece a fase de impulso inicial e 2) o segundo submovimento, no qual acontece a fase de controle corrente. Para segmentar estas duas fases, consideramos o primeiro submovimento compreendido entre o início da mudança de posição até o ponto em que acontece a primeira transição da aceleração do negativo para o positivo após o pico de velocidade (LAGE, 2010; LAGE *et al.*, 2012; KHAN *et al.*, 2006). O procedimento pode ser visualizado na Figura 7.

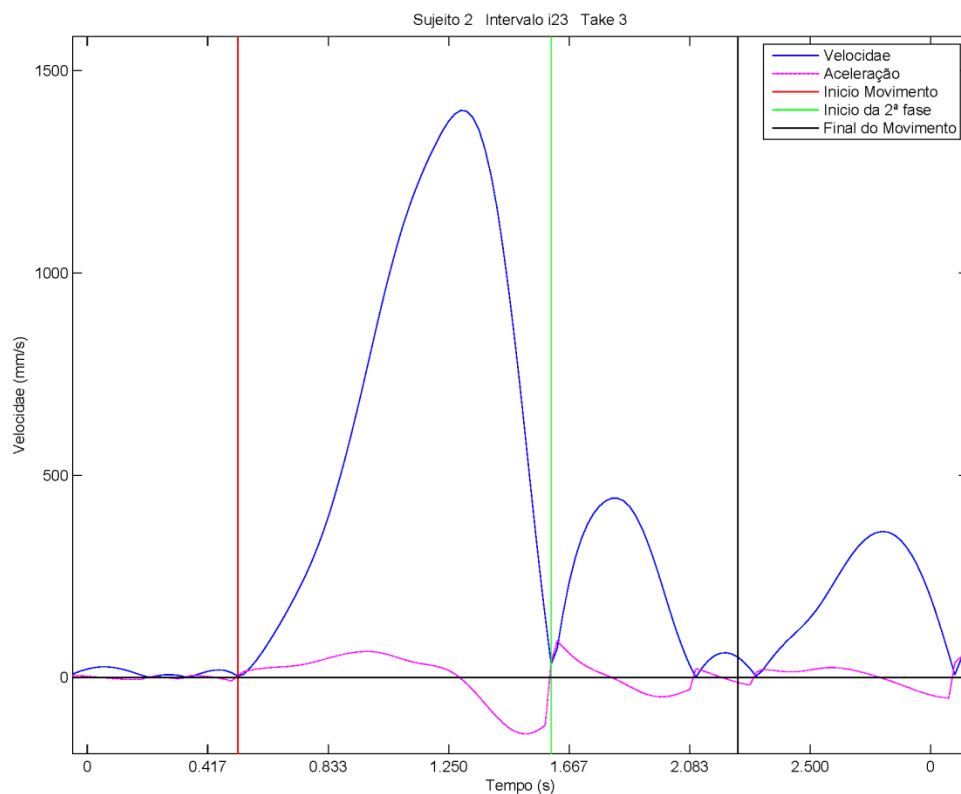


Figura 7: Intervalo i23, take 3 do sujeito 2. Exemplo de curva de velocidade (em azul) e aceleração (em roxo) da posição da mão ao longo da corda. Início (linha vertical em vermelho) e final (linha vertical em preto) do movimento de mudança de posição. Segmentação das duas fases do movimento (linha vertical em verde).

Com os dados devidamente segmentados, pudemos dividir os resultados obtidos em três execuções de mudança de posição para cada uma dos quatro tipos de intervalos (CA, CD, LA e LD), totalizando doze amostras por sujeito.

3.7.5. DESCRITORES DE MOVIMENTO

Duração total: A duração total do movimento de mudança de posição, correspondendo ao tempo (em milissegundos) transcorrido do início até o final do movimento.

Pico de velocidade: definido como o valor máximo da velocidade modular durante a mudança de posição.

Duração proporcional do primeiro submovimento: Computou-se o quanto da duração total da mudança de posição foi ocupada pelo primeiro submovimento. Essa medida foi dada em porcentagem do movimento total. Com isso, estimou-se o quanto do movimento se deu sem controle motor corrente.

Descontinuidades na curva de aceleração: O número de descontinuidades na curva de aceleração foi estimado através da contagem do número de vezes em que a curva da aceleração cruza o valor zero a partir do início do segundo submovimento. Com isso, estimou-se quantos ajustes foram feitos na fase de controle corrente do movimento.

3.8. Análises dos dados

Para a comparação do desempenho dos participantes nas quatro condições de execução foram adotados os seguintes procedimentos:

1. Análise descritiva por meio de média e desvio padrão para cada um dos seis descritores em cada uma das condições de execução;
2. Análise da normalidade dos dados por meio do teste Shapiro-Wilk W. Tal análise foi escolhida devido ao pequeno número amostral de que o estudo dispôs;

3. Análise da homogeneidade da variância por meio do teste de Levene;
4. Análise da variância através da aplicação de uma ANOVA One-way para cada um dos descritores (compara as 4 condições);
5. Aplicação do teste post-hoc quando diferença significativa era encontrada na análise de variância. Os testes post-hoc definidos foram: teste LSD para análises com homogeneidade de variância e teste de Games-Howell para análises sem homogeneidade de variância.

Para a análise do grau de correlação entre o nível de experiência dos participantes e o desempenho nos descritores (ex., pico de velocidade, índice de articulação) em cada uma das condições de execução (ex., curta ascendente) foi utilizado o teste de correlação de Pearson.

O valor de significância adotado em todas as análises foi de $p < 0,05$.

4. Resultados

As médias e o desvio padrão encontrados para cada um dos descritores em cada uma das condições de execução são apresentadas, juntamente com a experiência de cada sujeito, abaixo nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Duração total (em segundos)

Sujeitos	Experiência (em anos)	Condições			
		curto asc.	curto desc.	longo asc.	longo desc.
1	6	0,422	0,579	0,422	0,442
2	32	0,267	0,340	0,324	0,393
3	4	0,376	0,363	0,583	0,410
4	8	0,354	0,337	0,426	0,446
5	10	0,257	0,418	0,474	0,467
Média	12	0,335	0,407	0,446	0,431
Desvio padrão	11,4	0,072	0,101	0,094	0,030

Tabela 1: Duração da mudança de posição.

Pico de velocidade (em mm/s)

Sujeitos	Experiência (em anos)	Condições			
		curto asc.	curto desc.	longo asc.	longo desc.
1	6	1071	1210	1986	1255
2	32	1974	1605	3003	1282
3	4	892	881	1746	1079
4	8	1100	1199	1908	1089
5	10	777	1148	1582	1433
Média	12	1163	1209	2045	1228
Desvio padrão	11,4	472	259	558	148

Tabela 2: Pico de velocidade.

Duração proporcional do primeiro submovimento

Sujeitos	Experiência (em anos)	Condições			
		curto asc.	curto desc.	longo asc.	longo desc.
1	6	73,60%	68,76%	72,93%	66,17%
2	32	70,57%	62,88%	64,19%	65,81%
3	4	55,85%	52,91%	70,42%	62,27%
4	8	71,79%	52,63%	69,42%	60,32%
5	10	53,03%	62,45%	61,02%	69,20%
Média	12	64,97%	59,93%	67,59%	64,75%
Desvio padrão	11,4	9,72	6,99	4,86	3,49

Tabela 3: Duração proporcional do primeiro submovimento (fase de impulso inicial).

Descontinuidades na curva de aceleração

Sujeitos	Experiência (em anos)	Condições			
		curto asc.	curto desc.	longo asc.	longo desc.
1	6	4,33	8	3	3
2	32	4	4,67	4	3,33
3	4	5,67	4,33	7,33	2,33
4	8	5	6,33	4,33	4,33
5	10	3	7,67	4,33	4,67
Média	12	4,4	6,2	4,6	3,53
Desvio padrão	11,4	1,01	1,68	1,62	0,96

Tabela 4: Número de descontinuidades na curva de aceleração no segundo submovimento (fase de controle corrente).

Índice de articulação

Sujeitos	Experiência (em anos)	Condições			
		curto asc.	curto desc.	longo asc.	longo desc.
1	6	0,1102	0,0754	0,2690	0,2147
2	32	0,0194	0,0258	0,0313	0,0553
3	4	0,2450	0,0729	0,0897	0,2293
4	8	0,2166	0,1340	0,3367	0,2938
5	10	0,1750	0,0267	0,1220	0,0131
Média	12	0,1532	0,0670	0,1697	0,1613
Desvio padrão	11,4	0,0903	0,0445	0,1280	0,1207

Tabela 5: Índice de articulação.

Fluxo espectral

Sujeitos	Experiência (em anos)	Condições			
		curto asc.	curto desc.	longo asc.	longo desc.
1	6	0,9599	0,9321	0,9381	0,8924
2	32	0,9857	0,9258	0,9364	0,9163
3	4	0,8986	0,8853	0,9467	0,9132
4	8	0,9136	0,8824	0,9491	0,8846
5	10	0,9458	0,9123	0,9305	0,9451
Média	12	0,9407	0,9076	0,9402	0,9103
Desvio padrão	11,4	0,0351	0,0228	0,0076	0,0236

Tabela 6: Média do fluxo espectral.

Os resultados dos testes de Shapiro-Wilk W mostraram que, para todos os descritores, a distribuição dos dados foi normal ($p > 0,05$). Os resultados são apresentados na Tabela 7.

Medidas	Shapiro-Wilk W	
	W	p
Duração total	0,94	0,73
Pico de Velocidade	0,91	0,46
Duração proporcional do primeiro submovimento	0,96	0,81
Descontinuidades na curva de aceleração	0,95	0,74
Índice de articulação	0,89	0,39
Fluxo espectral	0,94	0,70

Tabela 7: Análise da normalidade por meio do teste Shapiro-Wilk W., onde p refere-se ao valor de significância e W refere-se ao resultado do teste.

As análises da homogeneidade da variância mostraram que apenas a duração do 1º submovimento e o índice de articulação apresentaram variâncias homogêneas ($p < 0,05$). As demais medidas não apresentaram homogeneidade ($p > 0,05$). Os resultados são apresentados na Tabela 8.

Medidas	Levene	
	W	p
Duração total	1,18	0,34
Pico de Velocidade	1,27	0,31
Duração proporcional do primeiro submovimento	5,98	0,006*
Descontinuidades na curva de aceleração	0,79	0,517
Índice de articulação	3,61	0,036*
Fluxo espectral	2,93	0,065

*Resultado significativo ($p < 0,05$).

Tabela 8: Análise da homogeneidade da variância por meio do teste de Levene, onde p refere-se ao valor de significância e W refere-se ao resultado do teste.

Assim, foram aplicadas Anovas One-Way para comparação dos desempenhos dos sujeitos nas quatro condições de execução. Foi encontrada diferença significativa entre as condições para a medida de pico de velocidade e número de ajustes ($p < 0,05$). Foi encontrada uma significância marginal ($p = 0,07$) para a medida de fluxo espectral, indicando uma tendência de diferença entre as condições de execução. Todos os resultados encontrados encontram-se na Tabela 9.

Medidas	Anova One-Way	
	F	<i>p</i>
Duração total	1,91	0,16
Pico de Velocidade	5,76	0,007*
Duração proporcional do primeiro submovimento	1,13	0,36
Descontinuidades na curva de aceleração	3,34	0,04*
Índice de articulação	1,10	0,37
Fluxo espectral	2,80	0,07

*Resultado significativo ($p < 0.05$).

*Tabela 9: Comparação dos desempenhos dos sujeitos nas quatro condições de execução por meio de análise de variância ANOVA One-Way, onde *p* refere-se ao valor de significância e *F* refere-se ao resultado do teste.*

Na análise da medida de pico de velocidade, o teste post-hoc de Games-Howell não conseguiu indicar entre quais condições de execução estava a diferença mostrada pela Anova One-Way. A comparação entre a condição curta ascendente e curta descendente mostrou um *p* de 0,99; a comparação entre a condição curta ascendente e longa ascendente mostrou um *p* de 0,10; a comparação entre a condição curta descendente e longa descendente mostrou um *p* de 0,99; a comparação entre a condição longa ascendente e longa descendente mostrou um *p* de 0,09. A amostra pequena do estudo pode ter dificultado a detecção clara entre quais condições estava(m) a(s) diferença(s). Pelos resultados obtidos no teste de Games-Howell, há indicativos de que as condições de trecho longo são as que se diferem em relação ao pico de velocidade produzido.

Na análise da medida de número de ajustes, o teste post-hoc de Games-Howell não conseguiu indicar entre quais condições de execução estava a diferença mostrada pela Anova One-Way. A comparação entre a condição curta ascendente e curta descendente mostrou um *p* de 0,26; a comparação entre a condição curta ascendente e longa ascendente mostrou um *p* de 0,99;

a comparação entre a condição curta descendente e longa descendente mostrou um p de 0,07; a comparação entre a condição longa ascendente e longa descendente mostrou um p de 0,61. Pelos resultados obtidos no teste de Games-Howell, há indicativos de que as condições de trecho curto descendente e trecho longo descendente são as que se diferem em relação ao número de ajustes efetuados na 2ª parte do movimento.

A análise mostra uma correlação significativa entre o nível de experiência na medida de pico de velocidade nas seguintes condições: curta ascendente, curta descendente e longo ascendente ($p < 0.05$). Todas as correlações foram positivas indicando que maior tempo de experiência está associado a maiores níveis de pico de velocidade gerado no movimento. As correlações encontradas foram muito altas (todas acima de 0,9).

O nível de experiência está associado negativamente ao índice de articulação na condição de execução curta ascendente ($p < 0,05$), indicando que maior nível de experiência está associado a menor índice de articulação, o que indica notas menos separadas entre si, e, portanto, mais *legato*.

Correlações não significantes, mas que ficaram próximas aos valores de significância, foram encontradas em relação ao tempo de experiência e duração do movimento na condição longo ascendente ($p = 0,57$) e em relação ao tempo de experiência e fluxo espectral na condição curto ascendente ($p = 0,067$). Como a amostra do estudo foi pequena, é possível que essas correlações fiquem mais fortes com um tamanho amostral maior. Os resultados encontram-se na Tabela 10.

Nível de experiência e medidas de desempenho		Condição de execução			
		Curta ascendente	Curta descendente	Longo ascendente	Longo descendente
Duração total	<i>r</i>	-.657	-.380	-.786	-.581
	<i>p</i>	.114	.264	.057	.152
Pico de velocidade	<i>r</i>	.927*	.906*	.919*	.335
	<i>p</i>	.012	.017	.014	.291
Duração proporcional do 1º submovimento	<i>r</i>	.293	.271	-.527	.123
	<i>p</i>	.316	.330	.181	.439
Descontinuidades na curva de aceleração	<i>r</i>	-.376	-.392	-.306	.076
	<i>p</i>	.266	.257	.308	.452
Índice de articulação	<i>r</i>	-.837*	-.547	-.565	-.585
	<i>p</i>	.039	.170	.161	.150
Fluxo espectral	<i>r</i>	.762	.469	-.378	.219
	<i>p</i>	.067	.213	.265	.362

*Correlação significativa ($p < 0.05$).

Tabela 10: Teste de correlação de Pearson entre nível de experiência e medidas de desempenho, onde *p* refere-se ao valor de significância e *r* refere-se ao valor de correlação.

5. *Discussão*

Neste estudo, analisamos um aspecto da performance do contrabaixo: a mudança de posição inserida na execução de excertos do *Concerto para Contrabaixo, op. 03* de Serge Koussevitzky. O estudo foi planejado de forma a se aproximar o máximo possível da prática cotidiana dos músicos; para tanto, escolhemos analisar uma peça consagrada do repertório do instrumento e cada um dos cinco músicos participantes do estudo foi livre para executar os trechos pedidos à sua maneira, apenas com o estímulo da partitura.

A abordagem escolhida foi múltipla e envolveu além da análise acústica através de processamento de sinais – já bastante consolidada no campo de estudo acadêmico da música –, a análise cinemática através de conceitos específicos da área de comportamento motor. Dentre as diversas aproximações possíveis, analisamos o movimento de mudança de posição pelo viés do movimento de apontamento. Consideramos que, entre os inúmeros fatores que fazem parte do fenômeno estudado, algo da mudança de posição corresponde à categoria de movimento de apontamento: deslocar o membro saindo de uma posição, almejando atingir um alvo a uma determinada distância desta, com rapidez e precisão. Dentre os diversos modelos possíveis, adotamos o modelo híbrido de duas fases de WOODWORTH (1899).

Por perda de informação de posição dos marcadores no contrabaixo, utilizamos uma Análise por Componentes Principais (PCA) para obtermos uma projeção aproximada da posição do marcador na corda sobre a qual se realizava a mudança de posição. Esse procedimento apresentou um bom resultado (média de 97,12 % dos dados explicados por apenas um componente) o que nos propiciou uma boa aproximação da projeção na corda.

Da forma como procedemos, e para situações análogas a do presente estudo, acreditamos que a Análise por Componentes Principais se mostra como uma boa ferramenta para estudos nos quais informação relevante possa ser extraída de uma projeção linear de um movimento. Estudos cinemáticos com outros instrumentos de corda (*e.g.*, violino, violão, guitarra elétrica) poderiam se valer também do procedimento proposto neste estudo.

Como os quatro intervalos foram realizados ao longo da execução de três excertos, visando a preservação do contexto de uma performance real, foi necessário delimitar o movimento. Precisamos desenvolver, então, uma estratégia metodológica para realizar esta delimitação, e, para tal, alguns métodos foram testados. Inicialmente, avaliamos um método de detecção por limiar relacionado ao pico de velocidade. Testamos o limiar como uma determinada proporção do pico (em porcentagem) (LAGE *et al.*, 2012). Avaliamos também o limiar como um valor determinado (em mm/s) (KHAN *et al.*, 2003). Não utilizamos tais métodos pois, no nosso estudo, a quantidade de movimentos que ocorrem após o final da mudança de posição em várias amostras é considerável e a curva de velocidade modular não chega a atingir níveis suficientemente baixos para se estabelecer um limiar. Além disso, esse método falharia na detecção de ajustes realizados no caso de um movimento que excede o alvo pretendido e que, para corrigir tal excesso, deve percorrer de volta a trajetória realizada, isto é, uma reversão na direção (KHAN *et al.*, 2003). Nesse caso, a velocidade chegaria a zero, portanto, atingindo o limiar, mesmo que o movimento ainda não tivesse terminado.

Conjecturamos, já que os dados de movimento e de áudio foram sincronizados, utilizar a mesma segmentação feita no áudio como início e final de movimento. No entanto, além de ser uma medida indireta de características cinemáticas, nada nos garantiria que o instante em que a primeira nota deixa de soar corresponderia ao instante do início da mudança de posição, ou que o instante em que a segunda nota começa a soar corresponderia ao final do movimento.

O método de detecção do início e do final da mudança de posição escolhido envolveu a análise da curva de velocidade modular projetada na corda. A detecção dos inícios do movimento de mudança de posição se deu de forma razoavelmente simples, dada ausência de variações significativas da curva de velocidade que antecede o pico. Detectamos, então, o início do movimento de mudança de posição no instante em que ocorre o primeiro mínimo local antes do pico da velocidade.

O fim do movimento foi detectado a partir da curva suavizada da velocidade. A concepção que norteou o procedimento foi que, na mudança de posição, observamos uma grande variação na energia da curva velocidade, o que corresponde à saída da mão da posição na qual está a primeira nota em direção a posição almejada. Depois disso, mesmo que com algumas pequenas variações, a tendência é uma queda de energia dessa mesma curva, o que corresponde ao momento em que a mão chega na posição onde se encontra a segunda nota.

O método escolhido, então, para a suavização da curva da velocidade foi o cálculo do RMS da mesma. Na curva suavizada, detectamos o mínimo local após o pico da curva. Acreditamos que o procedimento adotado retornou bons resultados e poderia ser utilizado em outros experimentos nos quais seja necessário determinar instantes iniciais e finais de movimentos análogos aos analisados neste estudo, que estejam imbricados no movimento fluido da performance.

Um dos objetivos específicos deste estudo foi avaliar o movimento empregado pelos contra baixistas e o resultado sonoro obtido em quatro tipos distintos de mudança de posição correspondentes aos intervalos: (1) curto ascendente (CA); (2) curto descendente (CD); (3) longo ascendente (LA); e (4) longo descendente (LD). Todos os intervalos foram realizados em articulação *legato*.

Para caracterizar a mudança de posição e comparar o desempenho dos sujeitos na realização de cada tipo de intervalo, foram adotados descritores acústicos e de movimento, capazes de evidenciar diferentes aspectos deste desempenho: (1) os descritores acústicos *índice de articulação* e *fluxo espectral*; e (2) os descritores de movimento *duração total*, *pico de velocidade*, *duração proporcional do primeiro submovimento* e *descontinuidades na curva de aceleração*. Uma análise de variância (ANOVA One-Way) aplicada aos descritores de desempenho dos sujeitos nas quatro condições de execução da mudança de posição, revelou diferenças significativas apenas para as medidas de pico de velocidade e número de ajustes. No entanto, os testes post-hoc aplicados não foram capazes de indicar entre quais condições estava a diferença apontada pela ANOVA. Acreditamos que o pequeno tamanho amostral possa ter dificultado a detecção da informação de entre quais condições se deu(deram) a(s) diferença(s).

Um achado interessante foi o fato de não termos encontrado diferença significativa na duração dos movimentos. Era de se esperar que os movimentos longos durassem mais que os curtos, isto é, que os instrumentistas gastassem mais tempo na execução de movimentos mais longos. Com base nos nossos resultados, podemos especular que, talvez, com o objetivo de tocar os intervalos com a menor separação possível entre as notas, os instrumentistas tenham desenvolvido alguma maneira de realizar o movimento longo com a mesma duração do movimento curto, de forma a fazer o resultado sonoro obtido ser equivalente entre as duas condições. Especulamos, então, que uma estratégia viável seria aumentar a velocidade nos

movimentos longos, compensando, dessa forma, a duração total do movimento e possibilitando os mesmos níveis de qualidade do *legato* tanto para movimentos curtos como longos.

Nossos resultados mostraram que não houve diferença significativa do índice de articulação nem do fluxo espectral para as quatro condições, o que sugere que, de fato, os instrumentistas mantêm a mesma qualidade do *legato* independente das condições. Ao passo que encontramos diferença significativa do pico de velocidade nas quatro condições. Embora não tenhamos podido precisar estatisticamente onde se dá essa diferença por meio do teste post-hoc de Games-Howell, consideramos que há indicativos de que as condições de trecho longo são as que se diferem em relação ao pico de velocidade e de que, portanto, os instrumentistas produzam maiores picos de velocidade em mudanças de posição de maior amplitude e, com isso, consigam manter a qualidade de sua articulação. Acreditamos que poderíamos nos aprofundar nessa questão e ter resultados estatisticamente mais sólidos com a replicação deste estudo com um número amostral maior.

Outro objetivo específico deste estudo foi relacionar a experiência dos sujeitos com o seu desempenho medido pelos descritores. Encontramos, então, uma correlação significativa entre a experiência do sujeito e as medidas de pico de velocidade nas condições intervalo curto ascendente, curto descendente e longo ascendente. Todas as correlações foram positivas, o que indica que maiores níveis de experiência estão associados a maiores valores de pico de velocidade gerados no movimento de mudança de posição em três das quatro condições. Esses resultados estão de acordo com outros estudos que mostram que diferentes níveis de experiência estão associados a diferentes características cinemáticas, (VERREL *et al.*, 2012, 2013; ELLIOTT *et al.*, 2004, 2009). O fato de que, na condição do intervalo longo descendente, não tenha se observado correlação significativa poderia ser melhor averiguado em um desenho experimental com um número amostral maior. Com base no presente estudo, não foi possível conjecturar possíveis causas para tal resultado.

Encontramos uma correlação significativa também entre a experiência do sujeito e os índices de articulação para a condição curta ascendente. A correlação encontrada é negativa, indicando que maiores níveis de experiência estão associados a menores índices de articulação. Esses resultados indicam que, na condição mencionada, os indivíduos mais experientes foram capazes de realizar a mudança de posição dentro de uma articulação *legato* com menos separação

entre as notas tocadas, resultando em notas mais ligadas entre si. Acreditamos que um número amostral maior poderia esclarecer se, de fato, há um efeito de condição nessa situação.

Nas condições experimentais deste estudo, maiores níveis de experiência foram associados a pelo menos duas medidas de desempenho, sendo uma medida cinemática: pico de velocidade; e uma medida acústica: índice de articulação. Nos casos dessas duas medidas, as correlações indicam que maior experiência está associada a maior qualidade da mudança de posição em trecho *legato*; indicando uma execução que atinge maiores velocidades e se dá com menor separação entre as notas.

Tais resultados eram esperados, tanto para a medida cinemática quanto para a medida acústica. A experiência musical nos mostra que os instrumentistas *experts* apresentam movimentos mais rápidos, precisos e controlados (com menos variabilidade); e o resultado desses movimentos é um controle maior sobre os parâmetros musicais, dentre eles a articulação (no caso do presente estudo, o *legato*).

Neste estudo, utilizamos um trecho musical bastante conhecido da literatura do contrabaixo e isso nos possibilitou simular uma situação real de performance que envolvia um certo nível de dificuldade para o instrumentista e, por isso, os indivíduos avaliados tinham, no mínimo, 4 anos de experiência. Se isso nos serviu, por um lado, para comparar o desempenho de contrabaixistas de alguns níveis, por outro não nos possibilitou comparar o desempenho de indivíduos sem familiaridade com a tarefa. Acreditamos que um estudo que tenha como amostra também indivíduos não familiarizados com o contrabaixo – como nos protocolos de VERREL *et al.* (2012, 2013) – apresentará resultados ainda mais acentuados na comparação entre diferentes níveis de experiência; inclusive para as outras medidas de desempenho cinemáticas (duração total, duração proporcional do pico e descontinuidades na curva de aceleração) e acústica (fluxo espectral).

A partir das relações encontradas entre a experiência e as medidas de desempenho cinemáticas e acústicas, pode-se sugerir algumas dessas medidas como forma de se aferir diferentes níveis de *expertise*. Pode-se propor uma adaptação de conceitos como *agilidade*, *precisão*, *fluência* e *controle* através de medidas quantificáveis. Pode-se sugerir a aferição da *agilidade* do sujeito através de medidas de velocidade e aceleração de seus movimentos; da *precisão*, através da comparação entre o resultado do movimento do instrumentista e a meta

almejada, tanto acústica (afinação, por exemplo)⁹ quanto cinemática (posição da mão no braço do contrabaixo); da *fluência*, através do tipo de uso que se faz dos graus de liberdade das articulações dos membros superiores¹⁰; do controle, através da análise da variabilidade das medidas aferidas (tanto acústicas quanto cinemáticas)¹¹.

Os resultados do estudo nos mostram que a abordagem escolhida é promissora. Através do uso de conceitos da área de controle motor, temos mais uma maneira de acessar as informações contidas na performance musical. Com a continuidade desse tipo de estudo e o refinamento do método, acreditamos que a abordagem ora utilizada pode contribuir tanto para o conhecimento sobre o movimento do corpo humano, quanto para o conhecimento musical da técnica do contrabaixo. Para tal, é importante identificar e consolidar medidas de desempenho dos sujeitos, os descritores acústicos e cinemáticos, como meio de quantificar algumas características do fenômeno. Neste estudo, propusemos alguns descritores de forma a atingir tal objetivo.

Julgamos que, neste estudo, os descritores acústicos, já consolidados em estudos anteriores (LOUREIRO *et al.*, 2012; MAESTRE; GÓMEZ, 2005; MOTA *et al.*, 2009; MOTA, 2012) se mostraram capazes de quantificar características musicais importantes da técnica de contrabaixo estudada. Os descritores de movimento utilizados, adaptados com base em pesquisas de controle motor (BORÉM, 2011; ELLIOTT; CHUA, 1996; ELLIOTT *et al.*, 2001, 2004, 2009, 2010; KHAN *et al.*, 2003, 2006; LAGE *et al.*, 2002, 2007, 2012; LAGE, 2010; LYONS *et al.* 2006), também se mostraram capazes de quantificar características motoras importantes da técnica de contrabaixo estudada.

O estudo da performance musical pode ser bastante proveitoso para a área da música com também para a área do controle motor, visto que o movimento musical é um dos mais complexos e especializados realizados pelo nosso corpo (GABRIELSSON, 2003). Conjugando-se a análise cinemática com a análise acústica, esperamos ter mostrado que se pode extrair da performance descritores que traduzem o desempenho dos sujeitos analisados tanto do ponto de vista da movimento quanto do ponto de vista musical. Estudar o efeito de anos de treinamento diligente

⁹ Como em BORÉM (2011).

¹⁰ Como em VERREL *et al.* (2012, 2013), desenvolvendo ideias de MANTEL (1995) e BERNSTEIN (1967, 1996).

¹¹ Como em ELLIOTT *et al.* (2004) e VERREL *et al.* (2012, 2013).

na maneira como o corpo se movimenta, pode nos ajudar a compreender um pouco mais o complexo fenômeno do movimento humano.

6. *Conclusões e perspectivas futuras*

Este estudo teve como objetivo avaliar a técnica de mudança de posição no contrabaixo acústico através da análise acústica e cinemática a partir do modelo híbrido de duas fases de WOODWORTH (1899) de controle de apontamentos. As análises acústica e cinemática foram realizadas e demonstrou-se a viabilidade de se estudar a mudança de posição no contrabaixo pelo viés das teorias de movimentos de apontamento.

No entanto, não se verificou a influência das condições de amplitude e direção do movimento de mudança de posição – um de nossos objetivos específicos. Especulamos que o motivo para tal tenha sido o número amostral reduzido do estudo.

Para a relação das características acústicas e cinemáticas com a experiência dos sujeitos, foram encontradas correlações para um descritor acústico (índice de articulação) e um descritor cinemático (pico de velocidade). Quanto mais experiente o sujeito, menores são os seus índices de articulação (para uma das condições) e maiores são os seus valores de pico de velocidade (para três das condições). As relações encontradas eram esperadas.

Para que se continue aprofundando na abordagem ora proposta para a análise dos movimentos de mudança de posição no contrabaixo, é necessário que se dê continuidade a esse estudo. No futuro, novos protocolos poderão levar mais fatores em consideração. Como se sabe, o fazer musical implica uma relação constante com o tempo. Os movimentos musicais estão intimamente ligados com restrições temporais. No caso da mudança de posição, então, além da restrição espacial, representada por uma meta de posição a ser atingida na corda, há uma restrição temporal: a meta tem que ser atingida dentro de um determinado instante, definido pelo ritmo e pelo andamento adotado.

Em um próximo estudo, pode-se projetar um protocolo que inclua a noção de tempo como uma restrição para a tarefa. Tais protocolos podem ser baseados em estudos realizados com movimentos de apontamento que levaram em conta restrições temporais (MEYER *et al.* 1982). Além disso, protocolos que incluam sujeitos não familiarizados com a tarefa, novas formas de detecção dos instantes iniciais e finais do movimento e novas formas de cálculo das discontinuidades da curva de aceleração poderiam ser utilizadas.

7. Referências

BERNSTEIN, N. (1967) *Coordination and regulation of movement*. Pergamon, Londres, 1967.

BERNSTEIN, N. (1996) *On dexterity and its development* in LATASH, M. L., TURVEY, M. T. (editores) *Dexterity and its Development*, Hillsdale, 1996.

BORÉM, F. (2011) *Um sistema sensório-motor de controle da afinação no contrabaixo: contribuições interdisciplinares do tato e da visão na performance musical*. UFMG, Tese de Pós-doutorado, 2011.

BORGIR, T. *et al.* "Violone." In *Grove Music Online*. Oxford Music Online. Disponível em: <<http://www.oxfordmusiconline.com/subscriber/article/grove/music/29478>>. Acesso em 07 de abr. 2013.

BRESIN, R. (2001) *Articulation rules for automatic music performance*. In: *Proceedings of the International Computer Music Conference*. [S.l.: s.n.], 2001. p. 294–297.

BRUN, P. (1989) *A History of the Double Bass*. Traduzido por MORREL, L., BRUN, P. Paris, 1989.

CHEW, G.. "Legato." *Grove Music Online*. Oxford Music Online. Oxford University Press. Disponível em: <<http://www.oxfordmusiconline.com/subscriber/article/grove/music/16290>>. Acesso em: 17 nov 2013.

COOK, N.; LEECH-WILKINSON, D. *Charm tutorial – A musicologist' s guide to Sonic Visualiser Techniques for analysing recordings: an introduction*. Disponível em: <http://www.charm.rhul.ac.uk/analysing/p9_1.html>. Acesso em 27 jun 2013.

DAHL, S. (2004) *Playing the accent – comparing striking velocity and timing in an ostinato rhythm performed by four drummers*. *Acta Acustica*, 90(4), 2004, pp. 762-776.

DAVIDSON, J. W. (2009) "Movement and collaboration in musical performance." In HALLAM, S.; CROSS, I., THAHT, M. The Oxford handbook of music psychology, Oxford University Press, Oxford, 2009, pp. 364-376.

DE POLI, G.; MION, L. (2006) From Audio to Content. *Livro não publicado*. Padova: Dipartimento di Ingegneria Dell'Informazione - Università degli Studi di Padova. 2006.

ELLIOTT, D.; CHUA, R. (1996) Manual asymmetries in goal-directed movement. In: ELLIOTT D.; ROY E. A. (editores). Manual asymmetries in motor performance. Boca Raton: CRC, 1996.

ELLIOTT, D.; HELSEN, W.; CHUA, R.A. (2001) A Century Later: Woodworth's (1899) Two-Component Model of Goal-Directed Aiming. *Psychological Bulletin*, 2001, Vol. 127, Nº 3, pp. 342-357.

ELLIOTT, D.; HANSEN, S.; MENDOZA, J.; TREMBLAY, L. (2004) Learning to Optimize Speed, Accuracy, and Energy Expenditure: A Framework for Understanding Speed-Accuracy Relations in Goal-Directed Aiming. *Journal of Motor Behavior*, 2004, Vol. 36, Nº. 3, pp. 339-351.

ELLIOTT, D.; HANSEN, S.; GRIERSON, L. E. M. (2009) Optimising speed and energy expenditure in accurate visually-directed upper limb movements. In REILLY, T.; ATKINSON, G. (editores) *Contemporary sport, leisure, and ergonomics*, 2009, Routledge, pp. 291-306.

ELLIOTT, D.; HANSEN, S.; GRIERSON, L. E. M.; LYONS, J. (2010) Goal-Directed Aiming: Two Components but Multiple Processes. *American Psychological Association, Psychological Bulletin*, 2010, Vol. 136, No. 6, pp. 1023-1044.

GABRIELSSON, A. (2003) Music performance research at the millennium. *Psychology of Music*, 31(3), pp. 221–272.

HUGILL, A. (2004) *The Orchestra: A User's Manual*. Disponível em: <http://andrewhugill.com/manuals>>. Acesso em 27 jun 2013.

JÄNCKE, L. (2006) From recognition to action. In ALTENMÜLLER, E., WIESENDANGER, M., KESSELRING J. Music, motor control and the brain, Oxford University Press, Oxford, 2006, pp. 25-37.

JOHNSON, R.; WICHERN, D. (1998) Applied multivariate statistical analysis. 4. ed. [S.l.]: Prentice hall Upper Saddle River, NJ, 1998.

KHAN, M. A.; LAWRENCE, G.; FOURKAS, A.; FRANKS, I. M.; ELLIOTT, D.; PEMBROKE, S. (2003) Online versus offline processing of visual feedback in the control of movement amplitude. *Acta Psychologica* 113, pp. 83–97.

KHAN, M.; FRANKS, I. M.; ELLIOTT, D.; LAWRENCE, G. P.; CHUA, R.; BERNIER, P.-M.; HANSEN, S.; WEEKS, D. J. (2006) Inferring online and offline processing of visual feedback in target-directed movements from kinematic data. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 30, pp. 1106–1121.

KOUSSEVITZKY, S. *Konzert für Kontrabass und Klavier. Op. 3.* Leipzig: Robert Forberg, n.d.(ca.1910). Disponível em: <[http://imslp.org/wiki/Double_Bass_Concerto,_Op.3_\(Koussevitzky,_Serge\)](http://imslp.org/wiki/Double_Bass_Concerto,_Op.3_(Koussevitzky,_Serge))>. Acesso em: 26 jun 2013.

LAGE, G. M.; BORÉM, F.; BENDA, R. N.; MORAES, L. C. (2002). Aprendizagem motora na performance musical: reflexões sobre conceitos e aplicabilidade. *Per Musi*, 2002, Vol. 5/6, pp. 14-37.

LAGE, G. M.; BORÉM, F.; VIEIRA, M. N.; BARREIROS, J. P. (2007) Visual and Tactile Information in Double Bass Intonation Control. *Motor Control*, 2007, N° 11, pp. 151-165.

LAGE, G. M. (2010) Associação entre impulsividade e controle motor. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, 2010.

LAGE, G. M.; MALLOY-DINIZ, L. F.; NEVES, F. S.; MORAES, P. H. P.; CORRÊA, H. (2012) A kinematic analysis of the association between impulsivity and manual aiming control. *Human Movement Science*, 2012, N° 31, pp. 811-823.

LYONS, J.; HANSEN, S.; HURDING, S.; ELLIOTT, D. (2006) Optimizing rapid aiming behaviour: movement kinematics depend on the cost of corrective modifications. *Experimental Brain Research*, 2006, N° 174, pp. 95-100.

LOUREIRO, M. A.; MOTA, D. A.; CAMPOLINA, T.; YEHIA, H. C.; LABOISSIÈRE, R. (2012) Acoplamento interpretativo e sincronização em duos de clarinetas. *Opus*, Porto Alegre, v. 18, n.2, p. 181-206, dez. 2012.

MAESTRE, E.; GÓMEZ, E. (2005) Automatic characterization of dynamics and articulation of expressive monophonic recordings. In: CITESEER. Proceedings of the 118th Audio Engineering Society Convention. [S.l.], 2005.

MANTEL, G. (1995) *Cello Technique: Principles & Forms of Movement*. Bloomington, 1995, Indiana, University Press.

MEYER, D.E.; ABRAMS, R. A.; KOMBLUM, S.; WRIGHT, C. E.; SMITH, J. E. K. (1988) Optimality in human motor performance: Ideal control of rapid aimed movements. *Psychological Review*, 1988, N° 95, pp. 340-370.

MEYER, D. E.; SMITH, J. E. K.; WRIGHT, C. E. (1982) Models for the speed and accuracy of aimed movements. *Psychological Review*, 1982, N° 89, pp. 449-482.

MOTA, D. A.; CAMPOLINA, T.; LOUREIRO, M. A. (2009) Expan: a tool for musical expressiveness analysis. In: Proceedings of the 2nd International Conference of Systematic Musicology (Sys Mus2009). Ghent, Belgium: Ugent, 2009, p. 24–27.

MOTA, D. A. (2012) Análise dos padrões de sincronização em duos de clarineta a partir de parâmetros acústicos e cinemáticos. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Música, 2012.

PLANYAVSKY, A. (1984) *Geschichte des Kontrabasses*. Tutzing, N°2, 1984.

PERTZBORN, F. (2002). Learning the doublebass: a multilevel approach to the acquisition of motor performance skill. *Per Musi*, 2002, Vol. 5/6, 120-130.

ProReflex (Sem data) MCU Qualisys Optical Motion Analyze System, Versão 0.1 Beta [Informação do produto]. Qualisys AB.

SCHMIDT, R.A.; ZELAZNIK, H.N.; FRANK, J.S. (1978) Sources of inaccuracy in rapid movement. In STELMACH, G.E. (editor) Information Processing in Motor Control and Learning, 1978, New York: Academic Press, pp. 183-203.

SCHMIDT, R. A., *et al.* (1979) Motor output variability: A theory for the accuracy of rapid motor acts. *Psychological Review*, 1979, N° 86, pp. 415-451.

SEASHORE, C.E. (1938) *Psychology of Music*. New York: McGraw-Hill. (Reimpresso: Dover Publications, 1967, New York.)

SLATFORD, R.; SHIPTON, A. "Double bass." In *Grove Music Online*. Disponível em: <<http://www.oxfordmusiconline.com/subscriber/article/grove/music/46437>>. Acesso em 07 de abr. 2013.

SLOBODA, J. (1996). The acquisition of musical performance expertise: deconstructing the “talent” account of individual differences in musical expressivity. In ERICSSON, K.A. (editor) *The road to excellence: the acquisition of expert performance in arts and sciences, sports and games*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1996, pp. 107-126.

WAGNER, C. (1987) ‘Welche Anforderungen stellt das Instrumentalspiel an die menschliche Hand?’, *Handchirurgie, Mikrochirurgie, Plastische Chirurgie*, 1987, 19(1): 23-3.

WOODWORTH, R. S. (1899). The accuracy of voluntary movement. *Psychological Review*, 3 (Monograph Suppl.), 1899.

Anexo A

Formulário de Caracterização e Experiência Prévia

Data: ___/___/___

Nome: _____

Data de nascimento: ___/___/___ Idade: _____ Sexo: F () M ()

Nacionalidade: _____

Experiência

Qual tipo de arco você utiliza? _____

Toca, de preferência, em pé ou sentado? _____

Considera-se canhoto ou destro? _____

Utiliza marcações visuais no instrumento?

Não () Sim () Onde? _____

Considera-se pertencente a alguma escola/tradição de ensino de contrabaixo?

Não () Sim () Qual? _____

Há quantos anos estuda música? _____ Há quantos anos estuda contrabaixo? _____

Estudou os excertos pedidos para a tarefa?

Não () Sim () Quantas horas no total? _____ horas.

Observações:
