

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE MÚSICA
Programa de Pós-Graduação em Música

Leonardo Lopes

**ANÁLISE DO DESEMPENHO E DO ESFORÇO COGNITIVO GERADO
NA PERFORMANCE DE QUATRO EXCERTOS COM DEMANDAS
TÉCNICAS DISTINTAS NO CONTRABAIXO**

Belo Horizonte

2022

Leonardo Lopes

**ANÁLISE DO DESEMPENHO E DO ESFORÇO COGNITIVO GERADO
NA PERFORMANCE DE QUATRO EXCERTOS COM DEMANDAS
TÉCNICAS DISTINTAS NO CONTRABAIXO**

Versão final

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Música da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Música.

Linha de pesquisa: Performance Musical

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage

Coorientador: Prof. Dr. Fausto Borém

Belo Horizonte

2022

L149a Lopes, Leonardo.

Análise do desempenho e do esforço cognitivo gerado na performance de quatro excertos com demandas técnicas distintas no contrabaixo [manuscrito] / Leonardo Lopes. - 2022.
97 f., enc.: il.

Orientador: Guilherme Menezes Lage.

Coorientador: Fausto Borém.

Linha de pesquisa: Performance musical.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Música.

Inclui bibliografia.

1. Música - Teses. 2. Contrabaixo. 3. Performance musical. 4. Música - Execução. I. Lage, Guilherme Menezes . II. Borém, Fausto. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Música. IV. Título.

CDD: 780.15



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE MÚSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MÚSICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Tese defendida pelo aluno **Leonardo Lopes**, em 19 de dezembro de 2022, e aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:

Prof. Dr. Guilherme Menezes Lage
Universidade Federal de Minas Gerais
(orientador)

Prof. Dr. Fausto Borém de Oliveira
Universidade Federal de Minas Gerais
(coorientador)

Profa. Dra. Sônia Marta Rodrigues Raymundo
Universidade Federal de Goiás

Profa. Dra. Lidiane Aparecida Fernandes
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Edson Queiroz de Andrade
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque
Universidade Federal de Minas Gerais



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Menezes Lage, Professor do Magistério Superior**, em 19/12/2022, às 18:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Edson Queiroz de Andrade, Membro**, em 20/12/2022, às 12:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fausto Borem de Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 20/12/2022, às 17:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maicon Rodrigues Albuquerque, Professor do Magistério Superior**, em 22/12/2022, às 19:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sonia Marta Rodrigues Raymundo, Usuário Externo**, em 23/12/2022, às 06:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lidiane Aparecida Fernandes, Usuário Externo**, em 30/12/2022, às 12:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1968729** e o código CRC **22826AF8**.

Dedico a realização deste trabalho à memória do meu Pai, Jorge Lari Lopes, que me ensinou o valor das pequenas coisas da vida, da simplicidade e da amizade.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho. Agradeço aos professores Dr. Guilherme Lage e Dr. Fausto Borém pelo apoio, dedicação e seriedade na condução de todo o projeto. A todos os membros do grupo NNeuroM pelas valiosas contribuições. Agradeço ao Laboratório Institucional de Neurociências Molecular e Comportamental da Universidade Federal de Minas Gerais (LIPq-LANEC-UFGM), por ceder sua infraestrutura para as análises computacionais. A todos os voluntários que gentilmente se dispuseram a participar. Aos funcionários da Escola de Música da UFGM e da EEEFTO. A toda minha família pelo suporte, em especial, aos meus pais Jorge (In memoriam) e Míriam, à minha esposa Roberta e ao meu filho Gael. Por fim, agradeço o incentivo e a ajuda dos colegas e amigos, especialmente, Alfredo Ribeiro, Maicol Nunes, Fernando Cláudio e Rodrigo Jardim pela parceria e pelos materiais emprestados para a coleta de dados. Muito obrigado a todos vocês.

Resumo

Diante da natureza multifacetada dos movimentos responsáveis pela performance no contrabaixo acústico, este estudo teve como principal objetivo investigar o nível de desempenho e de esforço cognitivo gerado na performance de quatro excertos musicais com demandas técnicas distintas nesse instrumento. Os excertos abordados representam as seguintes condições: (1) pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*; (2) cruzamento de cordas; (3) alternância rápida entre arco e *pizzicato*; (4) localização de notas-alvo. Cada excerto foi realizado pelo mesmo sujeito utilizando duas técnicas diferentes, sendo uma delas preferida e outra não preferida. Os excertos 1, 2 e 3 foram realizados: (a) utilizando o modelo de arco francês; (b) utilizando o modelo de arco alemão. O quarto excerto foi realizado: (a) utilizando referências visuais para controlar a afinação; (b) sem referências visuais. A partir do registro da performance em áudio, medidas de desempenho foram extraídas com o auxílio do *Software Sonic Visualiser*. Os índices de esforço cognitivo foram obtidos a partir de medidas eletroencefalográficas (EEG). Os resultados encontrados confirmam parcialmente as hipóteses do estudo. A performance com a técnica preferida obteve melhor desempenho motor nos excertos referentes a pressão do arco sobre a corda, cruzamento de cordas e alternância rápida entre arco e *pizzicato*. Os sujeitos que preferem o manuseio do modelo de arco francês obtiveram melhor desempenho nos excertos referentes ao cruzamento de cordas e à alternância rápida entre arco e *pizzicato*. Nas medidas cognitivas, a técnica preferida implicou em menor índice de Engajamento na alternância rápida entre arco e *pizzicato*. Também foi encontrado menor índice de *Workload* na pressão do arco sobre a corda. A performance do excerto referente à pressão do arco sobre a corda apresentou menor Δ *Workload* entre os sujeitos que têm como técnica preferida o manuseio do arco alemão e menor Δ Engajamento entre os sujeitos que preferem o manuseio do arco francês. De maneira geral, os resultados indicaram índices distintos de desempenho e de esforço cognitivo gerado durante a performance com os modelos de arco alemão e francês. As análises envolvendo o uso de referências visuais para o controle da afinação não apresentaram resultados significativos. Esses achados são discutidos em termos das características dos movimentos de cada técnica e do processamento cognitivo envolvido durante a performance.

Palavras-chave: Contrabaixo acústico. Análise do desempenho. Esforço cognitivo na performance musical. Modelos de arco alemão e francês. Controle da afinação no contrabaixo acústico.

Abstract

Given the intricate nature of the movements responsible for performance on the acoustical double bass, this study aimed to investigate the level of performance and mental workload generated in the execution of four musical excerpts with different technical demands on this instrument. The excerpts covered represent the following conditions: (1) pressure of the bow on the string in fortissimo; (2) string crossing; (3) quick alternation between arco and pizzicato; (4) location of target notes. Each excerpt was performed by the same subject using two different techniques, one of which was preferred and the other non-preferred. Excerpts 1, 2 and 3 were performed: (a) using the French bow; (b) using the German bow. The fourth excerpt was performed: (a) using visual references to control pitch; (b) no visual references. From the audio performance record, performance measures were extracted with the aid of Sonic Visualiser Software. Mental workload indices were obtained from electroencephalographic measurements (EEG). The results found partially confirm the hypotheses of the study. The performance with the preferred technique obtained better motor performance in the excerpts referring to bow pressure on the string, string crossing and quick alternation between bow and pizzicato. The subjects who prefer handling the French bow model performed better in the excerpts referring to the crossing of strings and the quick alternation between bow and pizzicato. In cognitive measures, the preferred technique resulted in a lower rate of Engagement in the quick alternation between arco and pizzicato. A lower Workload index was also found in the pressure of the bow on the string. The performance of the excerpt referring to the pressure of the bow on the string showed a lower Δ Workload among the subjects who have the German bow handling as their preferred technique and a lower Δ Engagement among the subjects who prefer the French bow handling. In general, the results indicated different indices of performance and mental workload generated during performance with the German and French bow models. Analyzes involving the use of visual references to control pitch did not show significant results. These findings are discussed in terms of the movement characteristics of each technique and the cognitive processing involved during performance.

Keywords: Acoustical double bass. Performance analysis. Mental workload in musical performance. French and German bow models. Tuning control on the acoustical double bass.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Posicionamento do polegar no modelo de arco Francês: (a) estilo francês e (b) estilo italiano.	22
Figura 2: Forma de agarre do arco alemão atribuída a: (a) Franz Simandl e (b) Ludwig Streicher.	23
Figura 3: Transmissão da força produzida pela pronação do antebraço para manter a pressão do arco sobre a corda durante o manuseio do modelo francês.	27
Figura 4: Transmissão da força produzida pela pronação do antebraço para manter a pressão do arco sobre a corda durante o manuseio do modelo alemão.	27
Figura 5: (a) Extensão do punho e flexão dos dedos e (b) flexão do punho e extensão dos dedos, durante o cruzamento de cordas utilizando o modelo de arco francês (LOPES, 2019, p. 305).	29
Figura 6: (a) Desvio radial e (b) desvio ulnar do punho durante a alternância entre cordas utilizando o modelo de arco alemão (LOPES, 2019, p. 306).	30
Figura 7: Alternância rápida entre (a) arco e (b) <i>pizzicato</i> , mantendo a forma de agarre no arco francês.	32
Figura 8: Alternância rápida entre (a) arco e (b) <i>pizzicato</i> , mantendo a forma de agarre no modelo alemão.	32
Figura 9: Referências visuais sob os parciais harmônicos correspondentes às notas Sol ₃ , Ré ₄ e Sol ₄ na corda I do contrabaixo.	34
Figura 10: Excerto referente à pressão do arco sobre a corda em <i>fortissimo</i> no contrabaixo, criado para este estudo.	57
Figura 11: Excerto referente ao cruzamento de cordas no contrabaixo, criado para este estudo.	58
Figura 12: Excerto referente à alternância rápida entre arco e <i>pizzicato</i> no contrabaixo, criado para este estudo.	59
Figura 13: Excerto referente à localização de notas-alvo no contrabaixo, criado para este estudo.	60
Figura 14: Pontos anatômicos utilizados como referência para a medição do crânio e escolha da fita de eletrodos. Fonte: Figura adaptada do Manual de uso B-Alert X-10 (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2010, p. 11).	62
Figura 15: Posicionamento dos eletrodos sobre o crânio de acordo com o Sistema 10-20. (A) Vista pelo plano anatômico sagital. (B) Vista pelo plano anatômico horizontal. Fonte: Figura adaptada de (RODRIGUES, 2018, p. 33).	62

Figura 16: Posicionamento dos 3 trios de eletrodos sobre as regiões do cérebro. Fonte: Manual de uso B-Alert X-10 (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2010, p. 8) 63

Figura 17: Preparo e colocação dos materiais. (A) Afixação das espumas nos eletrodos e aplicação do creme condutor. (B) Fixação da tira e acoplamento do amplificador. Fonte: Figura adaptada do Manual de uso B-Alert X-10 (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2014, p. 17 e 18) 63

Figura 18: Posicionamento dos eletrodos (A e B) no processo mastoide de ambos os lados do crânio, (C) no ponto médio da clavícula direita e (D) na costela inferior esquerda. 64

Figura 19: Análise espectrográfica da performance com alternância rápida entre arco e *pizzicato* por um sujeito que prefere o arco francês: (A) com o arco preferido e (B) com o arco alemão. As regiões destacadas em verde indicam a incidência de ruídos causados pelo arco batendo sobre o tampo do contrabaixo, dentro de uma mesma tentativa. 83

LISTA DE EXEMPLOS MUSICAIS

- Exemplo 1: Pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*, na *Vida de Herói, Lebhaft bewegt* (c. 17-20) de R. Strauss.26
- Exemplo 2: (a) Cruzamento de cordas adjacentes na *Sinfonia N. 40*, mov. 1 (c. 28-29) de W. A. Mozart; (b) Cruzamento de cordas afastadas na *Sinfonia N. 3*, mov. 3 (c. 110-111) de L. v. Beethoven.28
- Exemplo 3: Alternância rápida e constante entre arco e *pizzicato* em *A História do Soldado*, 2. Valsa, (c.1-4), de I. Stravinsky.31
- Exemplo 4: Localização de notas-alvo em *Sonata Arpeggione*, mov. 1 (c. 57-58), de F. Schubert. As notas destacadas em vermelho representam um salto do registro médio do instrumento para o registro agudo.34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Média e desvio padrão do índice de Dinâmica (RMS), medido durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à pressão do arco sobre a corda em <i>fortissimo</i> (*significa diferença significativa).	70
Gráfico 2: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo Δ Dinâmica (RMS) do excerto referente à pressão do arco sobre a corda em <i>fortissimo</i>	71
Gráfico 3: Média e desvio padrão do (a) índice de <i>Workload</i> e do (b) índice de Engajamento despendidos durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à pressão do arco sobre a corda em <i>fortissimo</i>	71
Gráfico 4: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo (a) Δ <i>Workload</i> e (b) Δ Engajamento do excerto referente à pressão da crina sobre a corda em <i>fortissimo</i>	72
Gráfico 5: Média e desvio padrão do índice de <i>Timing</i> , medido através do erro absoluto (BPM), durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente ao cruzamento de cordas.	72
Gráfico 6: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo Δ <i>Timing</i> do excerto referente ao cruzamento de cordas.	73
Gráfico 7: Média e desvio padrão do (a) índice de <i>Workload</i> e do (b) índice de Engajamento despendidos durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente ao cruzamento de cordas.	73
Gráfico 8: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo (a) Δ <i>Workload</i> e (b) Δ Engajamento do excerto referente ao cruzamento de cordas	74
Gráfico 9: Média e desvio padrão do índice de <i>Timing</i> , medido através do erro absoluto (BPM), durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à alternância rápida entre arco e <i>pizzicato</i>	75
Gráfico 10: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo Δ <i>Timing</i> do excerto referente a alternância rápida entre arco e <i>pizzicato</i>	75
Gráfico 11: Média e desvio padrão do (a) índice de <i>Workload</i> e do (b) índice de Engajamento despendidos durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à alternância rápida entre arco e <i>pizzicato</i>	76
Gráfico 12: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo (a) Δ <i>Workload</i> e (b) Δ Engajamento do excerto referente à alternância rápida entre arco e <i>pizzicato</i>	76
Gráfico 13: Média e desvio padrão do índice de <i>Pitch</i> , medido através do erro absoluto (Hz), durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à localização de notas-alvo.	77
Gráfico 14: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo Δ <i>Pitch</i> do excerto referente à localização de notas-alvo.	77

Gráfico 15: Média e desvio padrão do (a) índice de *Workload* e do (b) índice de Engajamento despendidos durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à localização de notas-alvo..... 78

Gráfico 16: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo (a) Δ *Workload* e (b) Δ Engajamento do excerto referente à localização de notas-alvo. 79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPM: Batidas por minuto

c: Compasso

DEP: Densidade espectral

EEG: Eletroencefalograma

EMG: Atividade muscular excessiva

Hz: Hertz

K Ω : Kiloohm

RMS: Root mean square (potência média quadrática)

SNC: Sistema nervoso central

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2. 1. Técnicas de performance no contrabaixo	21
2. 1. 1. Pressão do arco sobre a corda em <i>fortissimo</i>	25
2. 1. 2. Cruzamento de cordas.....	28
2. 1. 3. Alternância rápida entre arco e <i>pizzicato</i>	30
2. 1. 4. Localização de notas-alvo	33
2. 2. Processamento de informação.....	35
2. 3. Esforço cognitivo.....	41
2. 4. Avaliação do esforço cognitivo.....	42
2. 5. Esforço cognitivo e performance	44
2. 6. Técnica preferida e não preferida.....	49
2. 7. Transferência de aprendizagem	51
3. OBJETIVOS E HIPÓTESES.....	54
3. 1. Objetivo geral.....	54
3. 2. Objetivos específicos.....	54
3. 3. Hipóteses	54
4. MATERIAIS E MÉTODOS	55
4. 1. Amostra	55
4. 2. Instrumentos.....	55
4. 3. Material musical	56
4. 3. 1. Pressão do arco sobre a corda em <i>fortissimo</i>	56
4. 3. 2. Cruzamento de cordas.....	57
4. 3. 3. Alternância rápida entre arco e <i>pizzicato</i>	58
4. 3. 4. Localização de notas-alvo	59
4. 4. Delineamento	60

4. 5. Procedimentos de coleta de dados	61
4. 6. Processamento e redução dos sinais do EEG	66
4. 7. Procedimentos de análise dos dados.....	66
4. 8. Variáveis.....	68
4. 8. 1. Variáveis independentes	68
4. 8. 2. Variáveis dependentes motoras	68
4. 8. 3. Variáveis dependentes cognitivas.....	68
4. 9. Procedimentos estatísticos	69
4. 10. Cuidados éticos.....	69
5. RESULTADOS.....	70
5. 1. Pressão do arco sobre a corda em <i>fortissimo</i>	70
5. 2. Cruzamento de cordas.....	72
5. 3. Alternância rápida entre arco e <i>pizzicato</i>	74
5. 4. Localização de notas-alvo.....	76
6. DISCUSSÃO.....	80
6. 1. Medidas de desempenho	81
6. 2. Medidas cognitivas.....	84
7. CONCLUSÃO	86
REFERÊNCIAS.....	88
APÊNDICE A - PROGRAMA DO RECITAL.....	95

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história do contrabaixo acústico, uma série de mudanças na estrutura do instrumento contribuiu para que diferentes técnicas de performance fossem consolidadas pela literatura, sobretudo, pelos tradicionais métodos de ensino (BRUN, 2000; PERTZBORN, 2007). Uma das maiores evidências desta natureza é encontrada no desenvolvimento dos modelos de arco alemão e francês, com as suas respectivas técnicas de performance.

Quando comparados, os dois arcos apresentam diferenças na aparência física e nas formas de agarre e de manuseio. As formas de agarre por baixo da vara do arco alemão e por cima da vara do arco francês exigem que diferentes ações musculares sejam efetuadas durante o manuseio de cada um deles. Consequentemente, dentro da especificidade de cada modelo, encontram-se diferenças na amplitude, ângulos e direções dos movimentos utilizados para se alcançar o mesmo resultado sonoro durante a performance (LOPES, 2015).

As mudanças estruturais sofridas ao longo do tempo também dificultaram a organização e a consolidação de estratégias que facilitem o controle da afinação no contrabaixo. Tradicionalmente, as abordagens de ensino direcionadas a este controle são baseadas no uso de informações sensoriais auditivas e proprioceptivas. Por outro lado, alguns estudos demonstraram a eficácia de integrar a essas informações o uso da visão e do tato durante a localização de notas-alvo no contrabaixo (BORÉM; LAGE, 2019; LAGE *et al.* 2007). Todavia, o uso de informações visuais no controle da afinação ainda não é um consenso entre os contrabaixistas, apesar da ampla difusão e dos resultados científicos favoráveis à sua utilização.

Podemos esperar durante a performance de técnicas com características diferentes no contrabaixo níveis distintos de desempenho, baseados na experiência do sujeito e na dificuldade específica de cada técnica. De maneira geral, quanto maior o nível de experiência do indivíduo espera-se ações motoras com melhor desempenho, refinadas através da prática (JAQUESS *et al.*, 2018; SLOBODA, 2008). Por outro lado, quanto maior a dificuldade nominal de uma técnica é esperado um pior desempenho dos sujeitos menos experientes (GENTILI *et al.*, 2014), pois, presume-se que o desempenho de um iniciante seja alto apenas em tarefas com dificuldade nominal muito baixa.

Além das questões puramente mecânicas, sob a perspectiva da área do Controle Motor, observa-se que a realização de tarefas com características diferentes, interfere de forma distinta na qualidade e na quantidade de informações recebidas e processadas no sistema nervoso central (SCHMIDT *et al.*, 2019). Em outras palavras, a exigência de recursos perceptivos, atencionais e mnemônicos pode ser influenciada pelas características da tarefa e pelas variações

nos parâmetros do movimento. Logo, podemos esperar durante a performance de técnicas distintas no contrabaixo, além de diferenças nos níveis de desempenho, o processamento de diferentes informações proprioceptivas, táteis, auditivas e visuais que se diferem de acordo com a técnica realizada, ou seja, espera-se durante este processo demandas distintas de esforço cognitivo.

A alocação de esforço cognitivo é considerada um fator crítico para manter o desempenho cognitivo-motor sob várias demandas (JAQUESS *et al.*, 2008). De maneira geral, com o aumento das demandas, na medida em que a capacidade de processamento do operador atinge o seu limite, “o desempenho geralmente diminui, os tempos de resposta e os erros aumentam, a variabilidade de controle aumenta, menos tarefas são concluídas por unidade de tempo e há menos capacidade residual para lidar com outras questões” (CAIN, 2007, p. 3). Por outro lado, a alocação de esforço cognitivo também pode ser influenciada pelo nível de experiência do sujeito. Quanto mais experiente o indivíduo se torna em uma tarefa mais recursos cognitivos, como atenção e memória de trabalho, são liberados para que novas tarefas ou respostas a eventuais imprevistos possam ser realizadas. Assim, quanto mais uma habilidade dispuser de forma automatizada seus mecanismos de controle motor, menor será a demanda de esforço cognitivo gerado durante a sua realização (JAQUESS *et al.*, 2018; SLOBODA, 2008).

Ao longo dos anos de prática no contrabaixo é natural que o instrumentista se especialize em uma determinada técnica preferida em detrimento de outra técnica correspondente, não preferida, utilizada para o mesmo fim. Isso acontece, por exemplo, na escolha entre um dos dois modelos de arco (alemão ou francês) logo no início do processo de aprendizagem no instrumento. De outra forma, como estratégia utilizada para o controle da afinação, geralmente, o instrumentista prefere ou não fazer o uso de referências visuais em oposição ao uso padrão das informações auditivas e proprioceptivas. Em decorrência destas escolhas, quanto mais experiente o instrumentista se torna na performance com a técnica preferida espera-se um melhor desempenho e menor demanda de esforço cognitivo durante a sua realização, em contraste com a performance de uma técnica não preferida, na qual o instrumentista possui pouca ou nenhuma experiência (JAQUESS *et al.*, 2018). Dessa forma, uma mudança do estado preferido para um novo estado apresentará um determinado grau de dificuldade, influenciado pela experiência anterior, na aprendizagem ou no desempenho de uma nova habilidade (MAGILL; ANDERSON, 2016).

Considerando a natureza multifacetada dos movimentos responsáveis pela performance no contrabaixo, especificamente, as diferentes formas de agarre e manuseio dos modelos de arco alemão e francês e a utilização de distintas informações sensoriais no controle da afinação,

além de considerar as perspectivas delineadas em torno do conceito de esforço cognitivo, este estudo se propôs a investigar o nível de desempenho e de esforço cognitivo gerado na performance de quatro excertos musicais com demandas técnicas distintas no contrabaixo. Para cumprir este objetivo, medidas de desempenho foram extraídas do registro em áudio da performance dos excertos. Além delas, medidas do esforço cognitivo foram obtidas através do exame eletroencefalográfico (EEG) dos voluntários, durante a performance. A análise dos dados se deu através de comparações entre as medidas das técnicas preferida e não preferida de cada voluntário.

De acordo com Lage e Benda (2002), quando se analisa uma técnica aplicada a um determinado esporte, além das questões motoras, deve-se focar também nos processos internos que determinam a capacidade do sujeito em produzir uma tarefa. Considerando a performance musical como uma expressão do sistema motor, com alta demanda de habilidades cognitivo-motoras e capacidades percepto-motoras (LAGE *et al.*, 2002), este mesmo princípio pode ser aplicado. Para Sloboda (2008), a condução de pesquisas de natureza cognitiva é importante para a compreensão de processos subjacentes ao controle de movimentos de uma performance musical, ajudando a estabelecer uma abordagem mais abrangente, incluindo as capacidades e as limitações cognitivas do performer. Da mesma forma, para Ray (2007), à medida que estes princípios são compreendidos, novas diretrizes para o estudo da música podem ser discutidas e até mesmo adotadas.

Por fim, trata-se de um estudo interdisciplinar, exploratório, com abordagem quantitativa, que visa esclarecer questões pouco fundamentadas relacionadas à performance no contrabaixo acústico. Este trabalho foi organizado em seis seções. Na primeira delas foi introduzida a problematização do fenômeno em estudo. A segunda seção apresenta uma revisão bibliográfica englobando as técnicas de performance abordadas, conceitos e considerações acerca do esforço cognitivo e sua relação com a performance musical. Na sequência, são apresentados os objetivos e as hipóteses do estudo. Na quarta seção é exposta a metodologia aplicada. Em seguida, são relatados os resultados do estudo. Por fim, as últimas seções foram dedicadas à discussão dos resultados, conclusões e considerações finais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2. 1. Técnicas de performance no contrabaixo

Ao longo da sua história, o contrabaixo percorreu um caminho de desenvolvimento diferente dos outros instrumentos da família das cordas orquestrais friccionadas, visto que o violino, a viola e o violoncelo pouco mudaram em comparação às grandes alterações sofridas pelo contrabaixo, desde a sua origem na segunda metade do século XVI. Segundo Brun (2000), esta singularidade decorre da evolução da função musical do contrabaixo dentro da orquestra, trazendo uma série de mudanças significativas. Cada novo estágio da história exigiu que o instrumento se adaptasse à novas demandas técnicas e musicais, sendo progressivamente submetido a modificações estruturais. Como por exemplo, a incorporação dos ombros abaulados, característicos da família das violas, possibilitou que os instrumentistas alcançassem o registro agudo do instrumento com maior facilidade, frente a um crescente alargamento da tessitura na escrita orquestral e solo para o contrabaixo.

Por consequência de uma padronização estrutural relativamente tardia, por volta da segunda metade do século XIX, uma variedade de abordagens de ensino e possibilidades técnicas de performance podem ser encontradas com facilidade na literatura deste instrumento (PERTZBORN, 2007). Dessa forma, tocar sentado ou em pé, com o modelo de arco francês ou o alemão, com diferentes sistemas de dedilhados, em instrumentos com cinco ou quatro cordas, com ou sem extensor de espelho, com instrumentos de diferentes tamanhos e comprimentos de corda, com afinação solo ($Lá_2$, Mi_2 , Si_1 , $Fá\#_1$) ou orquestral (Sol_2 , $Ré_2$, $Lá_1$, Mi_1), ajudam a compor um cenário de discordâncias frente à uma realidade multifacetada da performance no contrabaixo.

Uma das controvérsias mais evidentes na história do contrabaixo se deve ao desenvolvimento e à coexistência dos modelos de arco alemão e francês. A comparação entre os dois modelos ainda é uma questão sem consenso, dividindo opiniões diante de uma lacuna nos estudos empíricos que poderiam fundamentar tais discussões. Grande parte das discordâncias entre diferentes estilos, modelos, técnicas e suas respectivas vantagens e desvantagens, são baseadas em experiências pessoais, geralmente, decorrentes de longas vivências de prática de ensino. Extrapolando estas discussões, certo preconceito pode ser observado por parte de alguns professores e instituições orquestrais que não aceitam alunos ou profissionais que utilizem um modelo de arco diferente do seu preferido.

Quando comparados um ao outro, ambos os modelos de arco apresentam diferenças, especialmente, na aparência física e nas formas de agarre¹ e manuseio (LOPES, 2019). O modelo francês possui características semelhantes aos arcos da família do violino com a forma de agarre por cima da vara. Seu manuseio segue os padrões de dois principais estilos tradicionais: o francês e o italiano. A maior diferença entre eles está no posicionamento da ponta do dedo polegar entre a vareta e o final do talão (FIGURA 1a), de acordo com o estilo francês, ou sobre a curva do talão (FIGURA 1b), de acordo com o estilo italiano.

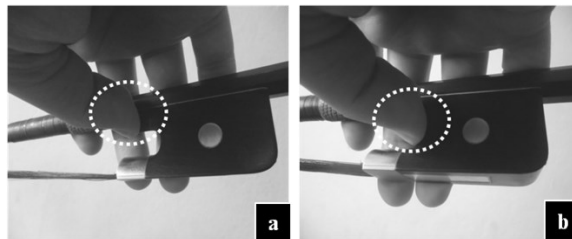


Figura 1: Posicionamento do polegar no modelo de arco Francês: (a) estilo francês e (b) estilo italiano.

A forma de agarre por baixo da vara do modelo alemão apresenta características semelhantes ao manuseio dos arcos da família das violas (DOURADO, 2009). Segundo BRADETICH (2009), dentre as diversas formas de agarre do arco alemão, destacam-se duas. A primeira delas é atribuída ao contrabaixista e pedagogo Franz Simandl (1840-1912) que através do livro “*New Method for String Bass*” difundiu sua técnica pelo mundo. Nessa forma de agarre a vareta é segura entre o polegar e os dedos indicador e médio, similar à forma de segurar um lápis (FIGURA 2a). A segunda forma de agarre mencionada por Bradetich (2009) é atribuída ao contrabaixista austríaco Ludwig Streicher (1920-2003). Ela difere-se da forma proposta por Simandl, principalmente, pela posição do polegar, transversal à vareta (FIGURA 2b).

¹ Neste estudo, utilizamos o termo “forma de agarre do arco” para caracterizar a maneira específica pela qual o arco é segurado pela mão direita do instrumentista, ou seja, ele é utilizado como sinônimo de termos encontrados na literatura tradicional do instrumento, como: *bow grip*, *bow hold*, empunhadura do arco e pegada do arco. Na área da Educação Física, o ato de agarrar um objeto é entendido como uma das habilidades manipulativas fundamentais, onde, através da apreensão, os movimentos mais específicos da mão e dos dedos envolvem pequenos grupos musculares para agarrar, segurar ou apanhar um objeto (LOBO; VEGA, 2010). Pretende-se, dessa forma, explorar a interdisciplinaridade da Performance Musical, aproximando dessa área conceitos e objetos de estudos melhores esclarecidos por outras áreas do saber.

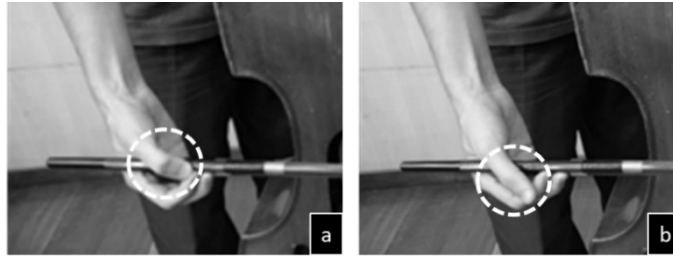


Figura 2: Forma de agarre do arco alemão atribuída a: (a) Franz Simandl e (b) Ludwig Streicher.

Pequenas vantagens e desvantagens na performance com ambos os modelos de arco são encontradas na literatura do contrabaixo. Entre elas, o modelo de arco alemão é frequentemente apontado como o mais adequado para se obter uma dinâmica musical mais forte, enquanto o modelo francês tem sido associado a uma maior flexibilidade no cruzamento de cordas (GREEN, 1973; GRODNER, 1965; MORTON, 1991). Informalmente, a preferência por cada modelo também levanta debates dentro de fóruns e *blogs* de discussões sobre o instrumento.

Apesar das diferenças existentes, observa-se durante a performance com ambos os modelos de arco a utilização de funções mecânicas análogas das articulações do conjunto direito dos membros superiores que lhes permitem alcançar o mesmo resultado sonoro (LOPES, 2015). Haja vista a facilidade de se encontrar contrabaixistas atingindo o mais alto nível de performance com ambos os modelos de arco. Entre os *experts* contemporâneos que utilizam o arco francês, podemos citar, por exemplo: Xavier Foley (USA), Lauren Pierce (USA) e Thierry Barbé (FRA). Entre os que preferem utilizar o modelo de arco alemão, encontram-se: Phoebe Russel (AUS), Edicson Ruiz (VEN) e Dominik Wagner (AUT). Todos eles reconhecidos internacionalmente como exímios instrumentistas.

Com relação aos movimentos do conjunto esquerdo dos membros superiores, o controle da afinação no contrabaixo é descrito pela literatura como um problema crônico da performance. Segundo Borém *et al.* (2007, p. 106), o problema da afinação foi agravado “pela falta de padronização, durante cerca de três séculos, na construção do instrumento e pela consolidação tardia de suas técnicas de mão esquerda”. Este desenvolvimento peculiar, abrangendo uma variedade de tamanhos, comprimentos de corda, padrões de dedilhado e de afinação, tornou o instrumento ergonomicamente mais difícil de ser controlado, com distâncias relativamente grandes a serem percorridas com a mão esquerda, quando comparado ao violino, à viola e ao violoncelo. Consequentemente, observa-se ao longo da história do instrumento um descompasso entre a escrita orquestral e o desenvolvimento da técnica, sobretudo no que se refere à utilização de notas no registro agudo do contrabaixo.

De maneira geral, as composições orquestrais do período romântico colocaram desafios para os contrabaixistas que até então encontravam-se “confortáveis” dentro de uma tectura limitada por uma ou duas oitavas. Em alguns trechos do poema sinfônico “Uma vida de herói” (1898), por exemplo, o compositor Richard Strauss (1864-1949), não só extrapolou os limites do instrumento nos registros grave e agudo como também estabeleceu com sua escrita um caráter quase solista (DO AMARAL, 2018). Também é importante observar que boa parte destes desafios ou problemas técnicos enfrentados pelos contrabaixistas são ocasionados por uma escrita não-idiomática encontrada com recorrência no repertório orquestral.

Tradicionalmente, o controle da afinação nos instrumentos pertencentes à família das cordas orquestrais friccionadas é baseado na percepção de estímulos auditivos e proprioceptivos, geralmente, desenvolvidos de forma intuitiva ao longo dos anos de prática (BORÉM; LAGE, 2019). Embora em menor número, o uso de informações visuais e táteis no controle dos movimentos com a mão esquerda também é encontrado na literatura destes instrumentos (GREEN, 1980; ROBINSON, 1990; STARR; SUZUKI, 1976), principalmente, em métodos voltados para alunos iniciantes. No método Suzuki (STARR; SUZUKI, 1976), por exemplo, os autores prescrevem para os professores de violino a utilização de fitas adesivas para demarcar a posição dos dedos da mão esquerda no espelho do instrumento.

No contrabaixo, as referências visuais no registro agudo do instrumento são utilizadas para controlar a afinação tanto por iniciantes quanto por profissionais. Entretanto, sua utilização ainda não é um consenso entre os contrabaixistas profissionais e encarada com certo preconceito por parte de alguns instrumentistas das cordas orquestrais. Grande parte desta resistência apoia-se em uma perspectiva tradicional onde o uso da visão poderia gerar uma dependência ou “vício” na busca por estímulos visuais durante a performance. Na prática orquestral, por exemplo, focar a visão no espelho do instrumento não parece ser uma boa estratégia, sob pena de deterioramento da performance, visto que a leitura da partitura e a comunicação com o maestro demandam contato visual contínuo.

Tal perspectiva pode ser confrontada por estudos como Borém e Lage (2019) e Lage *et al.* (2007), onde estímulos visuais e táteis foram utilizados de forma integrada às informações proprioceptivas e auditivas, como fonte de *feedback* para o controle da afinação no contrabaixo. Os resultados destes estudos apontaram um controle da afinação mais consistente associado à integração sensorial proposta em relação à outras formas de atuações (livre, privação dos sentidos, somente informações visuais, somente informações táteis, somente informações auditivas). Através desta perspectiva, a visão pode ser pensada como uma informação complementar à audição e à propriocepção para facilitar a automatização e o controle de

movimentos e não como um elemento principal a ser criada dependência. Como exemplo de grandes contrabaixistas da atualidade que utilizam marcações no espelho do instrumento, podemos citar: Edgar Meyer (EUA), Bozo Paradzik (CRO), Diana Gannett (EUA) e o ícone do contrabaixo moderno Gary Karr (EUA).

Tendo em vista a realidade multifacetada deste instrumento, nas seções seguintes são descritas e analisadas quatro técnicas de performance no contrabaixo, evidenciando as diferenças existentes entre a realização com os modelos de arco alemão e francês encontrados na literatura, além do uso de referências visuais utilizadas para o controle da afinação. Para isso, foram utilizados, especialmente, os métodos de Morton (1991), Guettler (1992) e Bradetich (2009), por se tratarem de métodos de ensino que se ocuparam em descrever, mesmo que superficialmente, alguns padrões de movimentos utilizados durante a performance no contrabaixo. As discussões também foram apoiadas em Lopes (2015), onde as técnicas em questão foram descritas e analisadas cinesiologicamente. Vale destacar que as informações em questão não se encontram presentes nos tradicionais métodos de ensino. Estas quatro técnicas foram escolhidas com base na relevância e na recorrência de utilização no repertório solo e orquestral do contrabaixo. Apesar da importância delas, ainda carregam questões problemáticas de realização e discordâncias entre estilos e abordagens de ensino não discutidas de forma satisfatória pela literatura do instrumento.

2. 1. 1. Pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*

Manter a pressão do arco sobre a corda, com a dinâmica musical dentro do *forte* (*f*), *fortissimo* (*ff*) ou *molto fortissimo* (*fff*), exige do contrabaixista um esforço muscular adicional, ainda mais quando essa pressão é mantida por longos períodos (LOPES, 2019).

Segundo Bishop *et al.* (2021), as exigências físicas de uma performance instrumental podem ser separadas em dois componentes: (1) força física e (2) controle dos movimentos. A força física é apontada pelo autor como o principal meio regulador da intensidade do som, enquanto que o controle está associado com a precisão em que intérprete atinge o tempo, a entonação e o nível da dinâmica pretendida. Estes componentes atuam de forma independente e podem variar de acordo com a situação. Por exemplo, a realização de notas rápidas em baixo nível da dinâmica requer pouca força, porém, alto controle dos movimentos.

De forma mais abrangente, Morton (1991) aponta que o controle do timbre e da intensidade do som no contrabaixo está condicionado a quatro variáveis no manuseio do arco: (1) pressão do arco sobre a corda; (2) ponto de contato do arco; (3) velocidade do arco; (4)

quantidade de crina em contato com a corda. De acordo com a qualidade do som pretendido, estas variáveis podem ser manipuladas dentro das seguintes proporções: (1) mantendo o ponto de contato constante, aumentar a pressão requer o aumento da velocidade do arco e diminuir a pressão requer a diminuição da velocidade do arco; (2) mantendo a pressão constante, aumentar a velocidade do arco requer um ponto de contato mais próximo ao espelho e diminuir a velocidade do arco requer um ponto de contato mais próximo ao cavalete; (3) mantendo a velocidade do arco constante, diminuir a pressão do arco requer um ponto de contato mais próximo do espelho e aumentar a pressão do arco requer um ponto de contato mais próximo ao cavalete.

Em contraste com Bishop *et al.* (2021), Morton (1991) afirma que essas variáveis são interdependentes, ou seja, uma mudança em qualquer uma delas exigirá a mudança em pelo menos uma das outras três. Com exceção da quantidade de crina em contato com a corda, devido a um aumento natural da quantidade de crina utilizada com o aumento da pressão sobre o arco. Em suma, podemos entender que a velocidade e o ponto de contato do arco são fatores complementares à pressão da crina sobre a corda (força física) quando se deseja manter a qualidade do som em dinâmicas musicais mais fortes.

A performance do excerto abaixo (EXEMPLO 1) exige que a pressão do arco seja mantida na realização de frases longas e ligadas dentro do *fortissimo*. Para isso, as notas devem ser articuladas com o valor real de duração, sem perder o contato com a corda, com a mínima interrupção na mudança de direção do arco. Excertos orquestrais com estas características são recorrentes no repertório do contrabaixo. Substancialmente, a partir do período Romântico, seguindo uma evolução estética composicional da música erudita.



Exemplo 1: Pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*, na *Vida de Herói, Lebhaft bewegt* (c. 17-20) de R. Strauss.

Durante o manuseio do arco francês (FIGURA 3) a pressão do arco sobre a corda é mantida, principalmente, através da pronação do antebraço auxiliada por uma pequena rotação interna do ombro (LOPES, 2015). O dedo indicador apoiado sobre a vara é o principal ponto de contato responsável por transmitir a força produzida. O dedo polegar posicionado entre a

vara e a borda superior esquerda do talão (estilo francês) funciona como ponto de apoio de forma corresponde a um sistema de alavanca (LOPES, 2019).

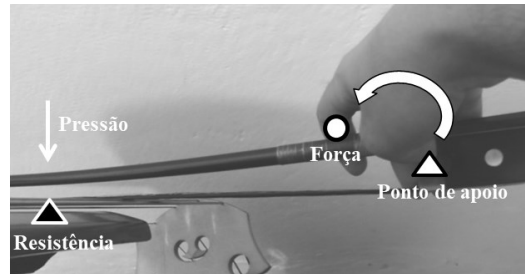


Figura 3: Transmissão da força produzida pela pronação do antebraço para manter a pressão do arco sobre a corda durante o manuseio do modelo francês.

De forma semelhante, no manuseio do arco alemão (FIGURA 4) a pressão do arco sobre a corda também é mantida, basicamente, pela pronação do antebraço aliada a uma pequena rotação interna do ombro (LOPES, 2015). Porém, devido ao posicionamento da forma de agarre por baixo da vara, a força de pronação do antebraço é transmitida, principalmente, através do contato da articulação carpometacarpal do polegar (parte lateral da mão entre os dedos polegar e indicador) sob o parafuso do arco, enquanto o dedo polegar, auxiliado pelos dedos indicador e médio (estilo Franz Simandl), atua como ponto de apoio (LOPES, 2019).



Figura 4: Transmissão da força produzida pela pronação do antebraço para manter a pressão do arco sobre a corda durante o manuseio do modelo alemão.

De acordo com Morton (1991), o manuseio do arco francês não pode transferir tanta força de pronação quanto o manuseio do arco alemão. Pois, a posição neutra do antebraço no agarre do arco alemão possibilita uma maior amplitude do movimento antes que ele alcance o limite de pronação, favorecendo a pressão do arco sobre a corda. De acordo com Hall (2011, p. 165), “a quantidade de tensão isométrica máxima que um músculo é capaz de produzir é parcialmente dependente do comprimento do músculo”. Dessa forma, a capacidade de gerar

força atingirá seu pico quando o músculo estiver ligeiramente alongado. Por outro lado, essa capacidade torna-se menor após o encurtamento do músculo, ou seja, quanto mais os músculos envolvidos na pronação estiverem longe deste limite mais eficientes eles trabalham (HALL, 2011). Por este ponto de vista, podemos atribuir certa vantagem anatômica ao manuseio do arco alemão para manter a pressão do arco sobre as cordas em dinâmicas musicais mais fortes.

2. 1. 2. Cruzamento de cordas

No cruzamento de cordas, o arco é movido entre os diferentes planos relativos a cada corda do contrabaixo. Para isso, o conjunto direito dos membros superiores descreve um movimento oblíquo composto pela coordenação de movimentos horizontais (no mesmo plano) e rotacionais (mudança do plano) (LOPES, 2015). O cruzamento de cordas pode acontecer entre cordas adjacentes (I-II, II-III ou III-IV) ou entre cordas afastadas (cordas I-III, I-IV ou II-IV), como ilustrado abaixo (EXEMPLO 2).

The image contains two musical examples, labeled 'a' and 'b', illustrating string crossings on the double bass. Example (a) is from Mozart's Symphony No. 40, movement 1, measures 28-29. It shows a bass clef with a forte (f) dynamic. The notation consists of eighth notes. The first two measures show a crossing from the second string to the first (II I), and the next two measures show a crossing from the second string to the third (II I). Example (b) is from Beethoven's Symphony No. 3, movement 3, measures 110-111. It shows a bass clef with a fortissimo (ff) dynamic. The notation consists of quarter notes. The first two measures show a crossing from the third string to the first (III I III), and the next two measures show a crossing from the fourth string to the second (IV II IV).

Exemplo 2: (a) Cruzamento de cordas adjacentes na *Sinfonia N. 40*, mov. 1 (c. 28-29) de W. A. Mozart; (b) Cruzamento de cordas afastadas na *Sinfonia N. 3*, mov. 3 (c. 110-111) de L. v. Beethoven.

Em situações onde há uma alternância rápida e constante entre as cordas, como no Exemplo 2 acima, a coordenação entre os movimentos horizontais (no mesmo plano) e rotacionais do arco (mudança de plano referente a cada corda) é mais eficiente quando a corda mais grave é articulada com o arco para cima e a corda mais aguda com o arco para baixo. Isto ocorre porque, com a arcada ao contrário (corda mais grave com o arco para baixo e a mais aguda com o arco para cima), o talão é afastado das cordas. Em consequência, quanto mais o talão se afasta de uma corda, maior será a amplitude do seu movimento rotacional. Em outras palavras, este padrão de arcada tende a fazer com que a mão direita percorra um caminho mais longo, dificultando a performance do cruzamento de cordas, especialmente em andamentos mais rápidos (MORTON, 1991).

No cruzamento de cordas, as diferenças na forma de agarre entre os modelos de arco alemão e francês exigem a realização de diferentes ações musculares para que o arco seja posicionado nos planos relativos a cada corda. No manuseio do arco francês a forma de agarre por cima da vara permite o uso dos músculos menores dos dedos (geralmente mais rápidos e precisos) e do punho para completar o movimento entre cordas ou mesmo realizá-lo inteiramente (MORTON, 1991). Dessa forma, ao mover o arco para o plano de uma corda mais aguda a extensão do punho e flexão dos dedos podem ser utilizadas (FIGURA 5a). Movendo o arco para o plano de uma corda mais grave a flexão do punho e extensão dos dedos cumprem o mesmo papel (FIGURA 5b). A integração destas ações permite o encurtamento da amplitude no movimento do braço entre os planos relativos a cada corda do contrabaixo (BRADETICH, 2009).

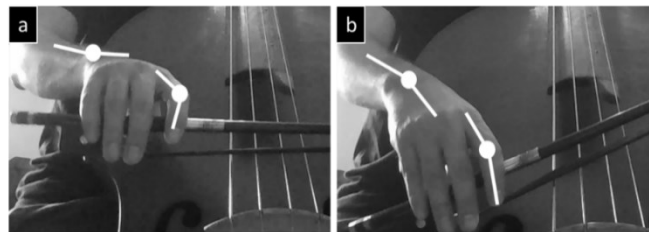


Figura 5: (a) Extensão do punho e flexão dos dedos e (b) flexão do punho e extensão dos dedos, durante o cruzamento de cordas utilizando o modelo de arco francês (LOPES, 2019, p. 305).

Segundo Bradetich (2009), a forma de agarre por baixo da vara no manuseio do arco alemão não permite que as mesmas ações articulares do punho e dos dedos sejam utilizadas na performance com o arco francês. Portanto, no cruzamento de cordas com o arco alemão, deve-se utilizar os músculos responsáveis pelos movimentos oblíquos do ombro, tão pouco quanto possível. Pois, músculos maiores, embora mais fortes, tendem a ser mais lentos e menos precisos (HALL, 2011). Para isso, o arco deve ser movido com a menor distância possível entre os planos relativos a cada corda para se obter velocidade e controle ideal. Neste caso, uma alternativa seria permitir que a ponta do arco descaia, em certa medida, na direção da corda mais aguda quando a arcada partir de uma corda mais grave. No movimento contrário (corda mais aguda para a mais grave) a correta forma de agarre do arco deve ser reestabelecida.

De outro modo, para Morton (1991), o punho pode auxiliar a alternância entre cordas através do desvio radial ao mover o arco para o plano da corda mais grave (FIGURA 6a) e desvio ulnar movendo o arco para o plano da corda mais aguda (FIGURA 6b). Porém, a amplitude dos movimentos do punho no eixo desvio ulnar/radial é menor do que no eixo

flexão/extensão utilizados no manuseio do arco francês. Assim, a alternância entre cordas com o arco alemão não pode ser realizada inteiramente com o movimento do punho (LOPES, 2015).

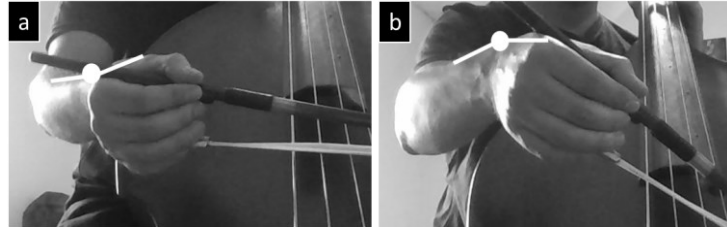


Figura 6: (a) Desvio radial e (b) desvio ulnar do punho durante a alternância entre cordas utilizando o modelo de arco alemão (LOPES, 2019, p. 306).

Em suma, observa-se durante a performance do cruzamento de cordas com os arcos alemão e francês diferentes ações articulares, de acordo com a forma de agarre de cada modelo. A maior amplitude e controle dos movimentos do punho e dos dedos na performance do cruzamento de cordas com o arco francês configuram uma vantagem anatômica em relação à performance com o arco alemão.

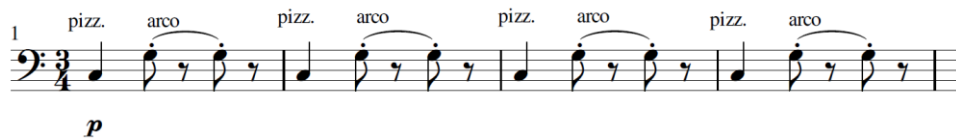
2. 1. 3. Alternância rápida entre arco e *pizzicato*

A alternância entre as técnicas de arco e *pizzicato* é bastante comum durante a performance no contrabaixo. Porém, apesar da facilidade de se encontrar exemplos dessa prática no repertório do instrumento, alguns tradicionais métodos de ensino, como: Zimmermann (1966), Streicher (1966), Billè (1973), Simandl (1984) e Rabbath (1984), entre outros, pouco se ocuparam em descrever os movimentos ou mesmo criar estratégias de aprendizagem que possibilitem o aperfeiçoamento da sua realização (LOPES, LAGE & BORÉM, 2020). Para Borém (2006), a carência de uma bibliografia escrita pelas maiores autoridades do instrumento sobre suas práticas de performance faz com que várias particularidades da realização musical não cheguem aos compositores de forma uniforme ou consolidada. Em decorrência disso, ainda é comum que uma visão pedagógica restrita se sobressaia sobre a escrita idiomática do contrabaixo. Logo, encontramos facilmente no repertório exemplos onde os compositores não levaram em consideração o tempo mínimo necessário para que a alternância entre as técnicas de arco e *pizzicato* ocorra de forma eficiente.

A maneira tradicional de se realizar a troca arco/*pizzicato* consiste em desfazer a forma de agarre do arco para que os dedos indicador e médio alcancem as cordas, enquanto a mão

direita permanece segurando o arco (BRADETICH, 2009). Porém, a performance se torna mais difícil nos casos em que requer uma troca rápida entre estas duas técnicas de articulação.

Em certa medida, encontram-se na literatura especializada técnicas de performance que podem ser utilizadas para diminuir ou até mesmo superar essa dificuldade (LOPES, 2020). No contexto da prática orquestral, Kjlland (2005) sugere a criação de um *disivi* dentro do naípe, onde um dos músicos da estante não articula a última nota (ou as últimas) anterior à troca para poder articular com tempo hábil a primeira nota após a troca. Para Morton (1991), quando possível, deve-se planejar a direção do arco “para cima”, na nota anterior ao *pizzicato*. Isso faz com que a mão direita esteja mais próxima e se movimentando na direção das cordas no momento da troca. Caso contrário, com a arcada “para baixo”, a mão direita estará mais distante das cordas e se afastando delas, além de criar a necessidade de um impulso muscular extra para mudar a direção do braço no sentido das cordas (LOPES, 2019). Ainda segundo Morton (1992), realizar o *pizzicato* com a mão esquerda ou com o dedo polegar da mão direita são possibilidades a serem consideradas, quando possível. De outro modo, em situações que requerem uma alternância rápida e constante entre arco/*pizzicato* (Exemplo 3), manter a forma de agarre do arco enquanto o dedo indicador articula a corda parece ser a estratégia mais apropriada (BORÉM, 2006a; BRADETICH, 2009; GUETTLER, 1992).



Exemplo 3: Alternância rápida e constante entre arco e *pizzicato* em *A História do Soldado*, 2. Valsa, (c.1-4), de I. Stravinsky.

A exemplo do que acontece na performance mantendo a pressão do arco sobre a corda e no cruzamento de cordas, algumas diferenças cinesiológicas podem ser observadas nos movimentos com os modelos alemão e francês durante a alternância arco/*pizzicato*, seja mantendo ou desfazendo a forma de agarre do arco.

Para realizar o *pizzicato* mantendo a forma de agarre do arco francês (FIGURA 7a), as principais ações musculares se desenvolvem através da supinação do antebraço, flexão do punho e extensão do dedo indicador para articular a corda, enquanto os outros dedos da mão direita são mantidos na mesma posição (FIGURA 7b). Como consequência dessas ações, o arco é posicionado com a ponta na diagonal superior esquerda do contrabaixista e pouca rotação no sentido horário (considerando a vara como eixo central e o parafuso como ponto de referência).

No movimento contrário, após a realização do *pizzicato*, o dedo indicador volta a se apoiar sobre a vara enquanto as articulações do punho e do antebraço são ajustadas para reestabelecer o posicionamento do arco sobre a corda.

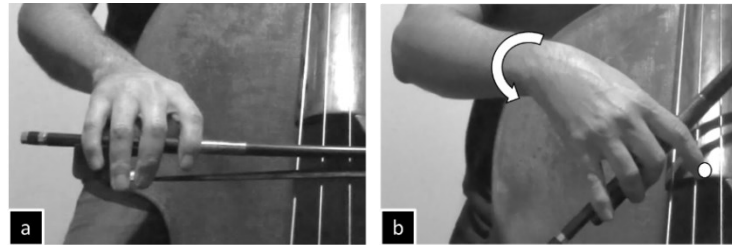


Figura 7: Alternância rápida entre (a) arco e (b) *pizzicato*, mantendo a forma de agarre no arco francês.

Para realizar a troca arco/*pizzicato* utilizando o modelo de arco alemão, partindo da própria forma de agarre desse modelo (FIGURA 8a), as principais ações articulares se desenvolvem através da pronação do antebraço, leve flexão do punho e extensão do dedo indicador, enquanto os outros dedos da mão direita mantêm a posição no agarre do arco (FIGURA 8b). Conseqüentemente, essas ações articulares posicionam o arco com a ponta voltada para baixo e rotado no sentido anti-horário. Para reestabelecer o posicionamento do arco sobre a corda, são necessárias ações articulares contrárias às utilizadas para a realização do *pizzicato*: supinação do antebraço, extensão do punho e flexão do dedo indicador.

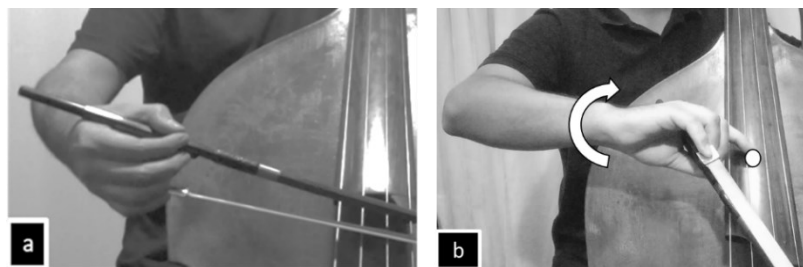


Figura 8: Alternância rápida entre (a) arco e (b) *pizzicato*, mantendo a forma de agarre no modelo alemão.

Durante a troca arco/*pizzicato* mantendo a forma de agarre observam-se diferenças na direção e na amplitude dos movimentos durante o manuseio com ambos os modelos de arco. A forma de agarre por cima da vara do arco francês exige a supinação do antebraço como principal ação articular responsável por posicionar o dedo indicador sobre a corda para realizar o *pizzicato*. De outro modo, utilizando o arco alemão a pronação do antebraço faz-se necessária. Devido ao posicionamento da mão direita em baixo da vara do arco alemão, os movimentos no

eixo pronação/supinação do antebraço aparentam possuir maior amplitude dos movimentos para posicionar o dedo indicador sobre a corda. O mesmo acontece no movimento contrário para reestabelecer o arco sobre a corda. Além disso, estas ações articulares levam a ponta do arco alemão a ser pendida para baixo, com rotação da crina no sentido anti-horário. Dessa forma o arco estará mais distante do posicionamento inicial para a articulação das cordas com o arco. Já na performance com o arco francês, a supinação do antebraço em menor escala permite a inclinação e a rotação do arco com menor amplitude de movimentos na alternância arco/*pizzicato* (LOPES, 2020).

2. 1. 4. Localização de notas-alvo

Nos métodos tradicionais de contrabaixo, o intervalo de 2^a maior (um tom) é medido e realizado na distância entre os dedos 1 e 4 da mão esquerda. Já o intervalo de 2^a menor (um semitom) pode ser realizado seguindo os critérios de dois sistemas diferentes: (1) sistema alemão, onde um semitom é medido entre os dedos 1-2 e 2-4; (2) sistema italiano, na qual os semitons são realizados entre os dedos 1-3 e 3-4 (DREW, 1984). Hoje existe um consenso entre os contrabaixistas de que nenhum dos dois sistemas isolados é satisfatório para o controle da afinação, especialmente se considerarmos que os semitons em instrumentos não temperados variam de acordo com as tendências de resolução harmônica. Os semitons não-temperados são mais curtos, por exemplo, entre a sensível e a tônica (7^o e 1^o graus de tons maiores ou 7^o grau suspenso e 1^o grau em tonalidades menores) (BORÉM, 2011). Todavia, com a mistura de diferentes sistemas e a influência de sistemas de dedilhados de outros instrumentos (como o contrabaixo elétrico ou o violoncelo), hoje é comum a realização de semitons entre dedos adjacentes (1-2, 2-3 e 3-4), incluindo também o polegar na técnica de capotasto (0-1, 1-2 e 2-3), na tentativa de controle mais eficiente da afinação (LOPES, 2016).

Por conta da grande extensão do espelho do contrabaixo, dos sistemas de dedilhado e do padrão de afinação das cordas baseado em intervalos de quartas justas, a quantidade de notas disponíveis dentro de uma mesma posição é relativamente pequena. Conseqüentemente, durante a performance no contrabaixo é esperado um grande número de mudanças de posição que variam de acordo com a exigência do repertório. Em obras musicais que envolvem uma tessitura ampla (EXEMPLO 4), encontradas com maior incidência no repertório solo, existe uma dificuldade natural de localizar notas-alvo precedidas por mudanças de posições extensas e rápidas do registro grave ou médio para o registro agudo ou superagudo, vice-versa.



Exemplo 4: Localização de notas-alvo em *Sonata Arpeggione*, mov. 1 (c. 57-58), de F. Schubert. As notas destacadas em vermelho representam um salto do registro médio do instrumento para o registro agudo.

Como o contrabaixo é um instrumento não-temperado, não há referências como os trastes que ocorrem, por exemplo, no violão ou no contrabaixo elétrico. Além disso, a localização das notas torna-se mais difícil, principalmente, quando são: (1) notas que não correspondem às notas iniciais das séries harmônicas das cordas soltas (por exemplo, os harmônicos naturais Sol₄, Si₄, Ré₅ e Sol₅ na corda I); (2) notas de tonalidades distantes de tonalidades relacionadas às cordas soltas (por exemplo, na corda I, notas da escala de Sol bemol maior); (3) notas que exigem movimentos amplos e rápidos do conjunto esquerdo dos membros superiores, (por exemplo, notas atingidas com grandes mudanças de posição).

Como demonstrado em estudos anteriores (BORÉM; LAGE, 2019; LAGE *et al.*, 2007), a localização de notas-alvos no contrabaixo pode ser facilitada pela utilização de referências visuais (FIGURA 9), criadas através da marcação de pontos discretos no espelho do contrabaixo, sob os harmônicos parciais da série harmônica (a partir da fundamental: 8^a, 8^a+5^a, 8^a+8^a, 8^a+8^a+3^amaior, 8^a+8^a+5^a, etc.). As estratégias para utilização dessas referências também envolvem a escolha de dedilhados que resultem em maior controle dos movimentos.

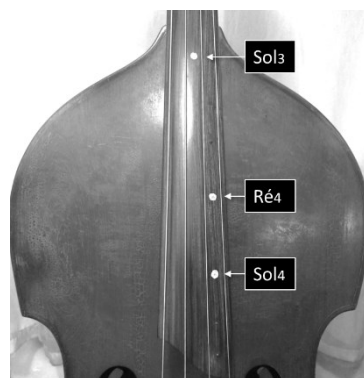


Figura 9: Referências visuais sob os parciais harmônicos correspondentes às notas Sol₃, Ré₄ e Sol₄ na corda I do contrabaixo.

Em suma, observa-se de maneira geral, que os diferentes sistemas de dedilhado, a grande extensão do espelho, o padrão de afinação das cordas baseado em intervalos de quartas justas, a menor quantidade de notas disponíveis dentro de uma mesma posição (em comparação com os outros instrumentos da família das cordas orquestrais) e as consequentes mudanças de

posições, são fatores que dificultam o controle da afinação no contrabaixo. Entretanto, a localização de notas-alvo neste instrumento pode ser facilitada pela utilização de referências visuais, sobretudo, nos registros agudo e superagudo do contrabaixo.

2. 2. Processamento de informação

A performance musical, assim como qualquer outro conjunto de ações motoras, envolve uma variedade de atividades com alta demanda de habilidades cognitivo-motoras e capacidades percepto-motoras, incluindo um vasto número de decisões interpretativas e a livre improvisação (LAGE *et al.*, 2002). Estas atividades dependem do processamento de informações, no sistema nervoso central (SNC), provenientes de diversas funções cognitivas como a percepção de estímulos, a atenção e a memória (LOPES; LAGE, 2017). Na área do Controle Motor, embora haja discordâncias na literatura a respeito da quantidade e da forma como os estágios são organizados (em série ou em paralelo), o processamento de informações humanas pode ser simplificado por um modelo de integração sensório-motor composto por três estágios distintos de organização: (1) identificação do estímulo, onde as informações sensoriais são percebidas; (2) seleção da resposta, onde há uma decisão sobre qual ação deverá ser realizada; (3) programação da resposta, a qual todo o sistema motor é organizado para a efetiva ação motora (SCHMIDT *et al.*, 2019).

No estágio da identificação do estímulo, também conhecido como sensorial ou nível pré-atencional, estímulos provenientes do ambiente externo e do próprio organismo são captados pelo indivíduo através de diferentes tipos de receptores sensoriais. Segundo Schmidt *et al.* (2019), os estímulos provenientes do ambiente interno são captados por dois tipos de receptores: os proprioceptores e os interoceptores. Os proprioceptores informam basicamente sobre a posição e o deslocamento de partes do corpo em relação ao eixo da coluna vertebral. Já os interoceptores informam sobre as condições internas do corpo, como a dor e a fome. De outro modo, as informações do ambiente externo são captadas pelos exteroceptores, sendo eles um conjunto de receptores responsáveis pelos cinco sentidos do corpo humano (tato, audição, olfato, visão e paladar).

Durante a performance um instrumentista recebe constantemente várias informações sensoriais, entre elas: visuais (por exemplo, provenientes da leitura de partituras ou contato visual com o maestro), táteis (oriundas do contato com o instrumento e acessórios como arco e cadeira), auditivas (naturais do resultado sonoro da realização musical e ruídos do ambiente externo) e proprioceptivas (provenientes das posições e do movimento do próprio corpo em

relação ao instrumento) (BROWN *et al.*, 2015). Um instrumentista experiente deve ser capaz de perceber essas informações com precisão e organiza-las de forma eficiente para produzir uma resposta motora adequada à performance em curso, pois, segundo Schmidt e Wrisberg (2010, p. 104), “o sucesso na performance habilidosa frequentemente depende de quão eficazmente o participante detecta, percebe e utiliza a informação sensorial relevante”.

No estágio da seleção da resposta, também conhecido como atencional ou executivo, a percepção dos estímulos dá início a uma série de atividades cognitivas responsáveis pelas várias formas possíveis de movimento. As informações adquiridas previamente são então utilizadas de forma consciente pelo indivíduo para decidir qual resposta deve ser dada (TEIXEIRA, 2006). Nesse estágio de processamento, a atenção desempenha o papel de intermediar a transformação dos sinais sensoriais, a partir de conhecimentos armazenados na memória, em informação que possa ser compreendida pelo indivíduo (SCHMIDT; WRISBERG, 2010). Assim, em meio a estímulos sonoros produzidos por uma orquestra, um instrumentista atento à escuta de uma nota musical produzida pelo seu instrumento pode avaliar se a nota está desafinada ou não, através de uma noção de afinação previamente armazenada na memória. A partir daí ele poderá decidir qual resposta motora deverá ser dada, por exemplo, corrigir ou não a afinação.

Por fim, o estágio da programação da resposta, também conhecido como nível sub-atencional ou coordenativo, consiste em um modo inconsciente de processamento vinculado ao nível atencional. Nesse estágio, a regulação contínua do sistema muscular direciona os músculos a se contraírem na ordem adequada com níveis de força apropriados para a tarefa (SCHMIDT *et al.*, 2019). Para Teixeira (2006, p. 67), a principal função desse estágio é fazer com que as características de movimento especificadas conscientemente no estágio atencional “sejam transformadas em um conjunto de potenciais de ação que, ao chegar ao sistema muscular, produza fielmente o movimento desejado”.

Ainda assim, não só a musculatura responsável pelos movimentos da performance deve ser controlada. Durante a performance no contrabaixo, mesmo que os conjuntos direito e esquerdo dos membros superiores assumam a maior responsabilidade das ações, o restante do sistema muscular encarrega-se de manter uma postura corporal estável para que a performance ocorra de forma precisa (LOPES, 2015). Além disso, “cada músculo tem que ser ativado com intensidade e em tempos apropriados, assim como os músculos antagonistas devem ser inibidos para que os movimentos sejam bem coordenados” (TEIXEIRA, 2006, p. 51). Dessa forma, durante a performance instrumental, vários grupos musculares são regulados de maneira contínua no estágio sub-atencional de processamento.

Desenvolvido no contexto de desempenho humano o termo “atenção” refere-se à consciência, percepção e esforço cognitivo referentes ao desempenho de habilidades (MAGILL; ANDERSON, 2016). Ao longo do processo cognitivo estabelecido entre a percepção de estímulos e a resposta motora observa-se o papel crítico desempenhado pela atenção. No entanto, os seres humanos possuem uma capacidade limitada de alocar atenção para lidar com as informações advindas do ambiente (SCHMIDT *et al.*, 2019), ou seja, a quantidade de informação que pode ser manipulada conscientemente no SNC é restrita. Este limite pode ser ilustrado pela capacidade de realizar, simultaneamente, duas tarefas que requerem a maior parte da capacidade de atenção disponível (TEIXEIRA, 2006). Por exemplo, quando um aluno de contrabaixo realiza uma peça musical, uma grande quantidade de atenção é alocada para seu desempenho. Se nesse momento novas informações (instruções) são fornecidas pelo professor, as duas atividades irão competir entre si por recursos limitados de atenção. Quando a necessidade combinada de recursos excede a quantidade total de capacidade de atenção disponível, uma tarefa irá interferir no desempenho da outra (SCHMIDT *et al.*, 2019). No caso do exemplo acima, o resultado esperado seria então: (a) prejuízo no desempenho do aluno e/ou na compreensão das informações; (b) uma das duas tarefas seria impedida de ocorrer completamente enquanto a outra estivesse em andamento.

De outro modo, se duas tarefas podem ser realizadas ao mesmo tempo, sem prejuízos, como se fossem realizadas individualmente, podemos dizer que o desempenho de uma das tarefas é automático. A “automatização” é um termo usado para “indicar que uma pessoa realiza uma habilidade ou se envolve em determinada atividade de processamento de informações, com pouca ou nenhuma demanda sobre a capacidade de atenção” (MAGILL; ANDERSON, 2016, p. 213). Quanto mais experiente o indivíduo se torna em uma tarefa, mais as informações que eram antes processadas de forma consciente no estágio atencional vão sendo progressivamente assumidas pelo estágio sub-atencional de controle, liberando recursos de atenção para outras tarefas (TEIXEIRA, 2006). Em outras palavras, os procedimentos altamente automatizados captam a configuração correta no estágio sub-atencional, enquanto o executante está livre para direcionar sua atenção a outros processos de ordem superior no estágio atencional. Dessa maneira, observa-se que a velocidade no processamento aliada à capacidade de absorver e lidar com novas informações é um dos principais elementos responsáveis pela realização de uma habilidade rápida e fluente (SLOBODA, 2008).

O automatismo confere consistência à performance, mas não implica em perda de adaptabilidade de uma ação (TEIXEIRA, 2006). Ações bem aprendidas, armazenadas na memória de longo prazo, são suficientemente flexíveis para se adaptar a diferentes contextos

de desempenho (BROWN *et al.*, 2015). Também não significa, necessariamente, que se tenha que perder a consciência sobre os movimentos. Caso desejado, o controle consciente de um movimento já automatizado pode ser retomado, por exemplo, para corrigir ou aperfeiçoar uma determinada habilidade. Geralmente, este tipo de processamento automático é vinculado a uma grande quantidade de prática (SCHMIDT; WRISBERG, 2010).

Levando em conta a complexidade da aprendizagem de um instrumento musical, é natural que um aluno produza erros durante a prática. Padrões de movimentos imprecisos podem ser frutos, por exemplo, de metodologias de estudo inapropriadas, estruturação da prática inadequada, da falta de instrução, dentre outras causas. Embora esses erros possam ser compreendidos como algo inerente à aprendizagem, é importante corrigi-los o mais rápido possível, pois, a realização frequente de padrões de movimentos incorretos pode levar a erros persistentes (VANVENCKENRAY *et al.*, 1999). Em outras palavras, quando um movimento é realizado repetidamente, uma resistência contra a mudança é construída de acordo com a quantidade de prática acumulada, ou seja, padrões de movimentos automatizados de maneira incorreta são difíceis de corrigir.

Um outro fator importante no contexto do processamento de informações é o direcionamento da atenção para diferentes tarefas ou entradas de informações, podendo acontecer de forma intencional ou incidental (SCHMIDT *et al.*, 2019). Segundo Teixeira (2006), mesmo que um indivíduo receba contínua e simultaneamente vários estímulos externos e internos, como a informação tátil da roupa tocando a nossa pele, somente uma pequena parte deles é selecionada para ser processada conscientemente. Assim, um instrumentista pode intencionalmente selecionar uma fonte de informação, como o som do seu instrumento, e inibir outras fontes, como a temperatura do ambiente. Já uma captura involuntária (incidental) de atenção geralmente ocorre em resposta a um estímulo externo (SCHMIDT *et al.*, 2019), por exemplo, quando um instrumentista durante a performance dirige sua atenção a um eventual ruído perturbador vindo da plateia.

Para Magill e Anderson (2016), algumas situações de performance exigem uma mudança no foco e no objeto da atenção. Pois, seria uma vantagem mudar o foco da atenção rapidamente quando estão sendo utilizados uma variedade de fontes de informação para uma tomada de decisão rápida. Por exemplo, o instrumentista de uma orquestra recebe constantemente durante a performance estímulos externos e internos, como: os gestos do maestro, a leitura da partitura, o som do seu instrumento, o controle postural e coordenativo dos seus movimentos, entre outros. Nesse meio-tempo, o performer deve avaliar se a resposta para todos estes estímulos estão em comum acordo com a performance do grupo em andamento, a

fim de manter, corrigir ou aperfeiçoar sua performance. Cada uma dessas avaliações requer atenção e deve ser realizada em poucos segundos, alternando rapidamente a atenção entre fontes externas e internas de informações. No entanto, Magill e Anderson (2016) consideram uma desvantagem mudanças no foco da atenção durante o desempenho de atividades que requerem uma série de movimentos rápidos e precisos. Portanto, atividades como a realização de passagens musicais que contenham uma sequência de notas terão mais sucesso se a atenção for concentrada em apenas uma fonte de informação por períodos de tempo mais longos. Por exemplo, a atenção do instrumentista pode ser voltada para a localização de notas-alvo durante a realização de mudanças de posição rápidas e constantes no contrabaixo.

Diferente da demanda por recursos atencionais, o uso da memória é recorrente em todos os níveis do processamento de informação. Segundo Machado (2014), entre os vários critérios existentes para a definição de tipos e subtipos de memória, dois deles são destacados: a natureza da memória e o tempo de retenção do evento memorizado.

Quanto à natureza da memória, dois tipos são especificados: declarativa (explícita) e não declarativa (implícita). Na memória declarativa os conhecimentos adquiridos são explícitos e podem ser descritos conscientemente através de palavras ou de outros símbolos, como uma partitura, por exemplo. A memória declarativa pode ser subdividida em dois tipos: memória semântica, na qual é armazenado nosso conhecimento geral sobre o mundo (conceitos, ideias, definições de palavras, etc.) e memória episódica, na qual é armazenado nosso conhecimento sobre eventos específicos já experimentados (LENT, 2008).

De outro modo, na memória não declarativa os conhecimentos adquiridos são implícitos e não podem ser descritos conscientemente (MACHADO, 2014). Nesse tipo de memória são armazenadas e recuperadas informações sobre habilidades motoras aprendidas. Elas permitem, por exemplo, que os instrumentistas aprendam uma sequência motora ou realizem um gesto musical de maneira automática e inconsciente.

O segundo critério apresentado por Machado (2014), para classificar os tipos de memória, leva em conta o tempo de retenção do evento memorizado. Nesse caso, elas são diferenciadas em três tipos: memória operacional (ou de trabalho), memória de curta duração e memória de longa duração (ou de longo prazo). Sob outra perspectiva, Schmidt *et al.* (2019) inclui a memória sensorial (ou armazenamento sensorial de curto prazo), como outro componente no sistema estrutural da memória. Ela pode ser definida como um sistema de memória periférico de curtíssima duração (centésimos de segundos) responsável por manter e organizar uma grande quantidade de informações sensoriais em modalidades (auditiva, visual, etc.), até que sejam processadas.

Segundo Magill e Anderson (2016), a memória operacional é um sistema funcional com capacidade limitada e de breve duração onde as informações recém percebidas são integradas com informações recuperadas a partir da memória de longo prazo para viabilizar o processamento consciente, a tomada de decisão e a realização de uma ação motora. As informações podem ser mantidas na memória operacional por cerca de 20 a 30 segundos somente quando a atenção é dirigida a elas. As informações que não forem processadas dentro deste curto período serão perdidas.

Na memória de curta duração as informações são mantidas disponíveis por algumas horas até que sejam armazenadas de forma mais duradoura na memória de longa duração (LENT, 2008; MACHADO, 2014). Segundo Machado (2014), a memória de longa duração depende de mecanismos mais complexos para serem realizados. Por isso a memória de curta duração, que exige mecanismos de processamento mais simples, mantém a memória viva enquanto a de longa duração está sendo definitivamente armazenada. Por fim, a memória de longa duração corresponde a um sistema que serve como repositório para o armazenamento e obtenção de informações sobre eventos passados específicos. Ela é capaz de armazenar uma grande quantidade de informações em um estado relativamente permanente (MAGILL; ANDERSON, 2016).

Em suma, cada um desses sistemas de memória apresenta funções distintas e se diferem na forma como as informações são adquiridas, quais serão incluídas e como elas são representadas. Também se diferem na forma em que o conhecimento é expresso e no tipo de percepção consciente das informações.

Podemos concluir que a performance de um instrumento musical depende diretamente do processamento de informações responsável por iniciar, controlar movimentos complexos e monitorar os resultados para fazer ajustes, se necessários. De acordo com Brown *et al.* (2015), a performance musical exige a contínua recuperação de informações musicais da memória de longo prazo e o contínuo planejamento da performance em curso auxiliado pela memória de trabalho, o controle da performance através de sensações resultantes dos movimentos (*feedback* sensorial), uma forte associação auditivo-motora ligando a percepção do som à produção de movimentos e o controle de ações rápidas e fluentes por programas motores² preparados antes da execução. Grosso modo, Brown *et al.* (2015) sugerem que a performance musical não é instanciada como um conjunto de sequências de ações fixas, mas sim como uma habilidade motora generalizável em que os movimentos estão intimamente ligados ao som que se destina.

² Conjunto pré-estruturado de comandos que define e dá forma ao movimento (SCHMIDT *et al.*, 2019).

2.3. Esforço cognitivo

A definição e o escopo do termo esforço cognitivo são interpretados de maneiras diferentes por diversos autores em diferentes áreas do conhecimento (MILLER, 2001). Na literatura das Ciências Cognitivas, são encontrados diferentes termos, como: *mental workload*, *mental effort*, *cognitive effort* e *cognitive load*, empregados de forma semelhante para definir a utilização de recursos cognitivos durante a realização de uma tarefa. A diferenciação entre estes termos é pouco clara com definições, algumas vezes, sobrepostas (ALVES *et al.*, 2017).

No presente estudo o termo esforço cognitivo está atrelado ao conceito de *mental workload*. Na área de Fatores Humanos (Ergonomia) este conceito de esforço ou demanda de recursos cognitivos se manifesta em circunstâncias de uma tarefa única ou multitarefa, refletindo a realidade e a dificuldade do emprego de tarefas no mundo real (SHARPLES; MEGAW, 2015; WICKENS, 2014). Dessa forma, este constructo aparenta ser o mais adequado para a investigação de fatores internos e externos da relação entre o contrabaixo e o instrumentista, além de ser compatível com o método de acesso (EEG) e as variáveis cognitivas a serem apresentadas.

O esforço cognitivo pode ser definido como a “quantidade de trabalho mental envolvida na percepção, na tomada de decisão e no planejamento que levam à realização de uma habilidade motora” (EDWARDS, 2010, p. 435). De forma semelhante, para Aghjani *et al.* (2017, p. 359), o esforço cognitivo representa “a proporção da capacidade mental de um operador humano que estão ocupadas durante o desempenho de uma tarefa”, ou seja, “reflete a capacidade do indivíduo de realizar o processamento controlado de informações” (ALVES *et al.*, 2017, p. 5). Já para Tao *et al.* (2019, p. 2), o esforço cognitivo “se refere ao nível de recursos de atenção necessários para atender a critérios objetivos e subjetivos de desempenho que podem ser mediados pela demanda da tarefa, suporte externo e experiências passadas”. Por fim, este conceito está relacionado “à quantidade de informação a ser processada, ao nível de exigência da tarefa e à quantidade de recursos mentais demandados durante a prática para que a habilidade seja produzida” (LELIS-TORRRES, 2017, p. 27).

Neste trabalho o termo esforço cognitivo é entendido como um conceito geral que engloba todos os aspectos cognitivos envolvidos nas definições acima. Na prática, ele é representado aqui por duas variáveis: (1) índice de *Workload*, relacionado com a carga de memória operacional, a solução de problemas, a integração de informações, o raciocínio analítico e a dificuldade mental da tarefa (BERKA *et al.*, 2007). Esta medida classifica a demanda cognitiva do sujeito por meio de função discriminante linear. Para valores de

probabilidade próximos a um, a demanda cognitiva é classificada em alto *workload* e para valores de probabilidade próximos a zero, a demanda é classificada como baixo *workload* (BERKA *et al.*, 2007; LELIS-TORRES, 2017); (2) índice de Engajamento, relacionado com as demandas de processamento sensorial e recursos de atenção. Foi desenvolvida como uma medida para os domínios das funções executivas (BERKA *et al.*, 2007). Esta medida classifica o engajamento do sujeito na tarefa em quatro estados cognitivos que variam numa escala de zero a um: sonolência (0,1), distração (0,3), baixo engajamento (0,6) e alto engajamento (0,9) (BERKA *et al.*, 2007; LELIS-TORRES, 2017).

2. 4. Avaliação do esforço cognitivo

O esforço cognitivo pode ser mensurado de diferentes formas, incluindo o uso de medidas de desempenho, subjetivas e fisiológicas (GALY *et al.*, 2011; MILLER, 2001; SHARPLES; MEGAW, 2005). As três formas de medição apresentam benefícios e desvantagens, portanto, é importante que o pesquisador decida qual ou quais medidas são aplicáveis em determinadas situações.

As medidas de esforço cognitivo baseadas no desempenho dependem da avaliação da capacidade de um sujeito por meio da realização de uma tarefa primária ou secundária (dupla tarefa). Assim, uma estimativa do esforço cognitivo pode ser determinada medindo a habilidade do sujeito ou como o seu desempenho piora com o aumento das demandas cognitivas (MILLER, 2001). Estas medidas têm por base o entendimento que uma alta carga de esforço cognitivo exige do indivíduo a alocação de recursos extras ao inserir novas informações. Por sua vez, a demanda por recursos extras pode reduzir a eficiência de processamento e o desempenho (GALY *et al.*, 2011).

As medidas subjetivas são baseadas no uso de classificações ou escalas do esforço cognitivo reportado pelo sujeito através de questionários do tipo pergunta-resposta a vários níveis de esforço cognitivo. Apresentam a vantagem de baixo custo de operação e de fácil administração. Entre os principais tipos de medidas subjetivas encontradas na literatura estão as escalas unidimensionais *Bedford* e Escala de Avaliação do Esforço Mental (*RSME*), além das escalas de avaliação multidimensionais *NASA-TLX* e *SWAT* (MILLER, 2001; SHARPLES; MEGAW, 2015).

As medidas fisiológicas utilizam as reações físicas do corpo para medir objetivamente a quantidade de esforço cognitivo que uma pessoa está experimentando (MILLER, 2001). Pois, o aumento da utilização de recursos cognitivos para manter o desempenho afeta uma série de

atividades fisiológicas no corpo humano, incluindo atividades cardíaca, cerebral, respiratória, ocular e verbais (TAO *et al.*, 2019). Estas medidas têm sido cada vez mais utilizadas nos últimos anos devido ao desenvolvimento de novas tecnologias com sensores mais sensíveis. Com isso, adquirem a vantajosa possibilidade de se obter avaliações objetivas com uma amostra relativamente pequena para fornecer relatórios mais precisos do esforço cognitivo (TAO *et al.*, 2019).

As medidas fisiológicas, como a atividade cardíaca, a respiratória e a ocular, são meios indiretos para coletar dados sobre o esforço cognitivo. Todas essas medidas são influenciadas por sinais enviados pelo SNC quando diferentes demandas cognitivas são experimentadas. Dessa forma, as medidas neurofisiológicas apresentam-se diretamente correlacionadas com a demanda mental experimentada durante a realização da tarefa, sendo elas uma medida mais precisa do esforço cognitivo (KARTALI *et al.*, 2019).

Diferentes medidas neurofisiológicas são utilizadas para capturar a atividade cognitiva envolvida em diferentes áreas do cérebro, como: a imagem por ressonância magnética funcional (fMRI), capaz de detectar variações no fluxo sanguíneo em resposta à atividade neural; a espectroscopia funcional em infravermelho próximo (fNIRS), que mede de forma contínua e não invasiva a oxigenação no tecido cerebral e sua hemodinâmica; o eletroencefalograma (EEG), capaz de registrar a atividade elétrica do cérebro a partir de eletrodos posicionados no couro cabeludo; os potenciais relacionados a eventos (ERPs), que refletem uma série transitória de oscilações na atividade cerebral em resposta a estímulos externos, por meio de eletrodos (SHARPLES; MEAGW, 2019).

Encontra-se na literatura uma relação já bem estabelecida entre o esforço cognitivo e as medidas da atividade do cérebro, sendo o EEG uma das formas mais estudadas e aceitas para se avaliar as variações do esforço cognitivo (AGHAJANI *et al.*, 2017; TAO *et al.*, 2019). Para Kartali *et al.*, (2019), a alta resolução temporal, a aquisição discreta e a obtenção de medidas de esforço cognitivo confiáveis e precisas tornam o EEG vantajoso em comparação com outras técnicas de medição neurofisiológicas. Além disso, segundo Lent (2010), o EEG se destaca por registrar com alta precisão temporal as correntes elétricas resultantes da propagação de estímulos carregados de informações no cérebro. Berka *et al.*, (2007, p. 2) corroboram essa visão ao afirmarem que o EEG é um “sinal fisiológico que reflete de forma confiável e precisa mudanças sutis no estado de alerta, atenção e carga de trabalho que podem ser identificados e quantificados em um período de milissegundo”.

Considerando a performance musical como um fenômeno que se desdobra através do tempo, a alta resolução temporal do processamento de informação do EEG aparenta ser um método adequado de monitoramento do esforço cognitivo durante a performance.

2. 5. Esforço cognitivo e performance

Muito do que se entende sobre o conceito de esforço cognitivo foi influenciado por modelos preliminares de processamento de informações humanas (SHARPLES; MEGAW, 2015). Estes modelos são caracterizados por uma quantidade limitada de capacidade de processamento, onde o desempenho geralmente se deteriora na medida em que as demandas das tarefas excedem essa capacidade. Para Jaquess *et al.*, (2018), na presença de grandes quantidades de informações o sistema cognitivo pode ficar sobrecarregado, levando a declínios no desempenho de tarefas e no aprendizado. A sobrecarga mental também pode aumentar as taxas de erro, gerar fadiga, declínio na motivação, tempos de reação mais altos e negligência de informações críticas para a realização da tarefa (AGHAJANI *et al.*, 2017). Em comum acordo, Tao *et al.* (2019) acrescenta que para garantir um desempenho aceitável do sistema cognitivo é essencial que as demandas da tarefa estejam dentro das capacidades do performer. Assim, é importante que a capacidade ociosa do performer seja suficiente para que ele possa responder a um evento inesperado ou uma situação de emergência.

Ao longo dos anos, uma série de refinamentos foram feitos, principalmente na área da Ergonomia, com implicações na definição e nas formas de medição do esforço cognitivo. Segundo Sharples e Megaw (2015), a mudança mais significativa neste entendimento foi a substituição do termo capacidade limitada de “processamento” pelo termo capacidade limitada de “recursos atencionais”. As teorias que enfatizam os limites de recursos atencionais propõem o compartilhamento da atenção entre uma série de processos fisiológicos demandados pela tarefa, como: percepção, memória de trabalho e realização da resposta (SHARPLES; MEGAW, 2015). Enquanto este limite não for excedido, o ser humano é provavelmente capaz de realizar várias tarefas simultâneas. No entanto, se os limites de recursos atencionais forem ultrapassados haverá dificuldade de realizar uma ou mais destas tarefas, além da dificuldade para detectar no ambiente, de forma eficiente, informações relevantes para o desempenho (MAGILL; ANDERSON, 2016). Todavia, ambas teorias concordam que o sistema cognitivo humano possui um limite e que a performance de uma tarefa motora se deteriora à medida em que este limite é ultrapassado.

Segundo Longo (2016), a relação entre esforço cognitivo e performance pode ser influenciada pela interação entre as propriedades da tarefa, as características do operador humano que a realiza e o ambiente em que ela é realizada. Em relação às propriedades da tarefa, de maneira geral, entende-se que quanto maior a dificuldade da tarefa, maior a demanda de recursos cognitivos e maior nível de esforço cognitivo gerado durante sua realização (GENTILI *et al.*, 2014). De outra forma, pessoas diferentes podem experimentar níveis contrastantes de esforço cognitivo sob a mesma circunstância, devido a diferenças individuais na personalidade, cognição, capacidades, habilidades e experiência anterior, assim como níveis de fadiga, motivação e vigilância (AGHJANI *et al.*, 2017; TAO *et al.*, 2019). Um fator determinante nesse contexto é a quantidade de prática acumulada pelo sujeito. Segundo Jaquess *et al.* (2018, p. 19), “o refinamento dos processos neurais subjacentes ao esforço cognitivo pode representar uma redução gradual da dificuldade funcional da tarefa experimentada pelos indivíduos à medida que se tornam mais proficiente durante o aprendizado”. Assim, quanto mais experiente o indivíduo se torna em uma tarefa, mais recursos cognitivos, como atenção e memória de trabalho serão liberados (SLOBODA, 2008), ou seja, quanto mais uma habilidade dispuser de forma automatizada seus mecanismos de controle motor, menor será a demanda de esforço cognitivo.

O ambiente em que a tarefa é realizada também pode influenciar o nível de esforço cognitivo despendido (LONGO, 2016). Condições ambientais diferentes, como temperatura, luminosidade, ruído e vários outros agentes distratores, podem exigir do performer formas diferentes de realizar a tarefa. Assim, em situações não familiares, o esforço cognitivo tende a ser maior, devido ao planejamento consciente das novas condições ambientais onde a tarefa será realizada. À medida em que as condições se repetem o esforço cognitivo do performer tende a diminuir, a não ser que as propriedades de desempenho (por exemplo, a dificuldade da tarefa) não estejam de acordo com memórias de experiências passadas no mesmo ambiente (AZEVEDO, 2015). Na área da Música, é bastante comum que instrumentistas, cantores e maestros experimentem em seu cotidiano diferentes condições no ambiente em que se dará a performance musical. Podemos citar, por exemplo, diferentes condições climáticas que podem alterar o timbre e o funcionamento do instrumento, diferentes respostas acústicas do local ou mesmo uma vestimenta (traje) fora do costume do instrumentista. No caso do contrabaixo, ainda são encontrados diferentes bancos com alturas fora do padrão e diferentes instrumentos que podem modificar a percepção de informações sensoriais relevantes para a performance. Todas essas condições podem aumentar o nível de esforço cognitivo do performer.

Conseqüentemente, se esse aumento for suficiente para sobrecarregar o sistema cognitivo do performer a qualidade da performance musical será prejudicada.

Para Galy *et al.* (2011), combinado a fatores como a propriedade da tarefa, diferenças individuais e ambientais, a pressão do tempo também pode afetar significativamente o esforço cognitivo, assim como o desempenho. Pois, o conflito criado entre o tempo imposto para a conclusão da tarefa e o tempo que realmente leva para a tarefa ser realizada, pode levar o indivíduo a altas reações emocionais. Essa experiência aumentaria a ansiedade do indivíduo, causando o aumento da demanda por recursos atencionais e, conseqüentemente, da carga cognitiva durante a realização da tarefa.

Um outro fator que pode interferir na demanda de esforço cognitivo é a manutenção do estado de alerta a longo prazo. Estudos cronopsicológicos sugeriram que variações na excitação (sono-vigília) ao longo do dia afetam a quantidade de recursos cognitivos necessários para manter e processar itens armazenados na memória, provavelmente devido à disponibilidade de estratégias de processamento automáticas em contraste com estratégias elaboradas (GALY *et al.*, 2011; GALY *et al.*, 2008; MÉLAN *et al.*, 2007; SMIT *et al.*, 2005). O estudo de Smit *et al.* (2005), ainda demonstrou que uma diminuição no estado de alerta foi associada a um decréscimo de desempenho, frequência cardíaca elevada e maior esforço cognitivo autorreferido. De acordo com Magill e Anderson (2016), em situações de vigília o tempo de reação e a detecção de erros aumenta em função do tempo em que a pessoa deve manter o estado de alerta. Dessa forma, o desempenho deteriora quanto mais tempo o indivíduo precisa para se manter vigilante à possibilidade de dar uma resposta ao detectar algum tipo de sinal.

Para Edwards (2010) focar a atenção na realização de uma tarefa requer esforço cognitivo. Dessa forma, dirigir em tráfego intenso ou aprender uma habilidade motora complexa (como por exemplo a prática de um instrumento musical) pode deixar o participante exausto. Segundo Mehta e Agnew (2012), a capacidade física é adversamente afetada pela demanda mental. Assim, o esforço cognitivo em alta demanda pode ser associado a tempos de resistência mais curtos, maiores taxas de declínio de força e aumento da fadiga, pois, esta condição dá origem a elevação das atividades cardíaca e respiratória e níveis de glicose no sangue, a fim de fornecer a energia necessária para realização das tarefas (GALY *et al.*, 2011). Portanto, tarefas caracterizadas com altas demandas físicas e mentais devem ser realizadas com pausas para descansos frequentes e recuperação adequadas para impedir a progressão da fadiga (MEHTA; AGNEW, 2012).

Medidas do esforço cognitivo gerado na performance de diferentes tarefas têm sido utilizadas como base para estudos em diferentes áreas do saber. Nas Ciências do Esporte, por

exemplo, alguns estudos encontraram diferenças nas demandas cognitivas relacionadas a diferentes tipos de estrutura de prática, utilizando o EEG (LELIS-TORRES, 2017) e a análise da atividade ocular (BICALHO *et al.*, 2019). Em outros estudos da mesma área, o exame eletroencefalográfico também foi utilizado para identificar diferentes níveis de esforço cognitivo gerado durante a performance em vários tipos de jogos de arremesso (GARCÍA-MONGE *et al.*, 2020), na identificação de sinais neurais associados à experiência de atletas (PARK *et al.*, 2014), assim como na comparação de mudanças corticais entre golfistas experientes e novatos (BAUMEISTER *et al.*, 2008).

Nas Ciências Aeronáuticas, a análise do esforço cognitivo é um elemento importante para a avaliação mental de pilotos em condições operacionais. Dessa forma, estudos como o de Gentili *et al.* (2014) têm identificado biomarcadores relacionados ao desempenho cognitivo e a reserva de atenção em simulações de pilotagem de aeronaves. Para avaliar os variados aspectos da capacidade cognitiva do piloto diversas medidas psicofisiológicas foram empregadas. Dentre elas encontram-se medidas fisiológicas, como: frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca, piscar de olhos, atividade galvânica da pele e atividade elétrica cerebral (EEG), além de estimativas subjetivas de esforço cognitivo (WILSON, 2002).

Os efeitos do esforço cognitivo também são investigados no ato da direção automobilística. Em Recarte e Nunes (2003), por exemplo, os efeitos do esforço cognitivo na busca visual e na tomada de decisão foram estudados em condições reais de tráfego. No mesmo contexto, Paxion *et al.* (2014) buscaram compreender como os níveis de esforço cognitivo influenciam o desempenho de motoristas de automóveis em função da dificuldade da tarefa e da experiência do piloto. De maneira geral, em ambos os estudos, verificou-se que o aumento da complexidade da situação e a falta de experiência do motorista aumentaram os níveis de esforço cognitivo e levaram a prejuízos no desempenho ao volante.

Na área Industrial, pesquisadores têm levado em conta as características e as limitações cognitivas dos usuários para melhorar a interface entre homem e máquina, instalando recursos adaptativos que podem responder às mudanças no esforço cognitivo (BERKA *et al.*, 2007; WICKENS, 2002). A maior parte desses estudos busca aprimorar algum tipo de sistema, a fim de que as demandas cognitivas do operador sejam reduzidas. Como resultado, espera-se a melhoria nas condições de trabalho, procedimentos mais eficazes de performance ou aprendizado, além da prevenção de acidentes (AGHAJANI *et al.*, 2017; RUPP *et al.*, 2019; TAO *et al.*, 2019).

Na área da Música, existe um crescente avanço de pesquisas interdisciplinares envolvendo música e cognição (RAY, 2007). Pesquisas envolvendo a área da Psicologia

Cognitiva, por exemplo, têm demonstrado o impacto positivo da prática instrumental sobre a plasticidade cerebral (HYDE *et al.*, 2009; MUSZKAT, 2012). Em outro contexto, são encontrados estudos que apontam diferenças nas demandas cognitivas relacionadas a diferentes tipos de estrutura de prática em situações de aprendizagem musical (BONINI ROCHA *et al.*, 2009; CARTER; GRAHN, 2016). Pesquisadores também têm examinado o impacto causado pela escuta musical durante a realização de diferentes tarefas motoras, como dirigir um carro (MILLET *et al.*, 2019; ÜNAL *et al.*, 2012) ou durante práticas desportivas (NAKAMURA *et al.*, 2010; DE WAARD *et al.*, 2011). Em interface com as Neurociências, alguns estudos vincularam comportamentos musicais de instrumentistas experientes à característica da anatomia cerebral (BROWN *et al.*, 2015; GAXIOLA-TIRADO *et al.*, 2019; WARREN, 2008; ZATORRE *et al.*, 2007). Todavia, apesar do amplo potencial para a investigação científica e dos resultados promissores apresentados por diferentes áreas do saber, estudos que relacionam diretamente o esforço cognitivo à performance musical ainda são incipientes e precisam ser desenvolvidos.

A princípio, sabemos que o ato de tocar, ouvir ou imaginar a música envolve a demanda de diferentes níveis de esforço cognitivo, com participação de áreas distintas do cérebro (GAXIOLA-TIRADO *et al.*, 2019). Segundo Endestad *et al.* (2020), o ato de “tocar” a música exige mais esforço cognitivo em comparação às condições de ouvir ou imaginar o ato musical. Estas duas últimas condições apresentam níveis semelhantes de esforço cognitivo, indicando uma forte ligação entre a imaginação dos movimentos e os gestos corporais que produzem o som. De outra forma, para Bishop *et al.* (2021), trechos musicais mais complexos e fisicamente desgastantes exigem mais esforço cognitivo dos instrumentistas, necessitando focar a atenção com mais intensidade. Em outro achado do autor supracitado, observou-se durante a performance de um quarteto de cordas (violino 1, violino 2, viola e violoncelo) que ambos os violinistas apresentaram maior esforço cognitivo quando assumiam a posição de primeiro violino, sugerindo uma maior excitação para “conduzir” o quarteto nessa função. Haja vista que os dois violinistas trocaram de lugar no meio do concerto como procedimento do referido estudo.

A performance musical é um fenômeno que se desdobra através do tempo. Por isso, depende de um processo dinâmico responsável por selecionar e integrar informações temporais em constante mudança (ROSÁRIO *et al.*, 2020). Neste contexto, a atenção desempenha um papel multidirecional importante. A intensidade e a direção do foco da atenção em um dado momento da performance musical pode ser influenciada por diferentes fatores, incluindo se a performance ocorre de maneira individual ou coletiva (BISHOP *et al.*, 2021). Na prática

coletiva os performers são obrigados a dividir a atenção entre sua própria performance e a realização dos seus companheiros. Dessa forma, demandas adicionais de esforço cognitivo são requeridas para preservar a precisão, a expressividade e a coordenação entre os membros do conjunto, em comparação com as exigências cognitivas de uma performance individual. Estes processos envolvem a antecipação de movimentos dos outros intérpretes, adaptação à realização de cada um, além do controle da atenção. Os performers mais experientes são capazes de priorizar uma informação em detrimento de outras, enquanto informações não priorizadas são processadas automaticamente (JAQUESS *et al.*, 2018). De outro modo, instrumentistas menos experientes podem não possuir a mesma habilidade de regulação da atenção. Como resultado, a atenção é distribuída de maneira ineficaz, sob pena de prejuízos para a própria performance (BISHOP *et al.*, 2021).

2. 6. Técnica preferida e não preferida

Ao longo dos anos de prática é natural que um instrumentista se especialize em uma determinada técnica preferida em detrimento de uma técnica não preferida utilizada para o mesmo fim. No contrabaixo essa especialização se manifesta, por exemplo, no manuseio dos modelos de arco alemão ou francês e no uso de diferentes informações sensoriais (visão, tato, audição, propriocepção) como referência para o controle da afinação, entre outras condições.

No início do processo de aprendizagem, o aluno de contrabaixo é orientado a utilizar um dos dois modelos de arco (alemão ou francês), geralmente, prevalecendo a escolha do modelo preferido pelo professor. Em muitos casos, não há a possibilidade de escolha por parte do aluno, devido à disponibilidade de apenas um dos dois modelos de arco no local de ensino. Já o controle da afinação no contrabaixo, tradicionalmente, é desenvolvido de forma intuitiva pelo aprendiz. Nessa situação, as informações sensoriais auditivas e proprioceptivas são geralmente utilizadas como referência para a localização das notas em um processo de tentativa e erro. Porém, apesar das evidências científicas favoráveis à utilização de referências visuais (BORÉM; LAGE, 2019), seu uso ainda hoje é alvo de críticas por parte de instrumentistas mais conservadores, ficando elas condicionadas à preferência do instrumentista, podendo ser utilizadas ou não.

Quanto mais experiente o indivíduo se torna na performance da técnica preferida, maior tende a ser o refinamento dos processos neurais subjacentes à realização dos movimentos (JAQUESS *et al.*, 2018). Esse refinamento gera uma mudança no processamento consciente de informações na direção de um processamento mais automático, acompanhada por uma redução

dos recursos mentais utilizados durante a performance. Enquanto os processos cognitivos tendem a se tornar mais refinados por meio da prática, aspectos da tarefa, como o nível de dificuldade, podem influenciar a taxa de diminuição dos níveis de esforço cognitivo. Nesse caso, é esperado que a diminuição dessa taxa seja proporcional às demandas da tarefa, ou seja, relativamente mais lenta para tarefas difíceis em comparação com tarefas mais fáceis (JAQUESS *et al.*, 2018).

Segundo Guadagnoli e Lee (2004), a definição do termo “dificuldade da tarefa” pode ser dividida em duas categorias: (1) dificuldade nominal e (2) dificuldade funcional. O termo dificuldade nominal inclui apenas as características da tarefa, sem ter em conta quem a está realizando e em que condições ela está sendo realizada. Por outro lado, a dificuldade funcional se refere ao quão desafiadora a tarefa é em relação ao nível de habilidade do sujeito e às condições sob as quais ela é realizada (GUADAGNOLI; LEE, 2004). Dessa forma, durante a performance no contrabaixo é improvável que a dificuldade funcional de uma técnica, como um determinado golpe de arco (e.g. *spiccato*), seja a mesma tanto para um instrumentista experiente quanto para um iniciante. Sendo assim, em uma situação hipotética de performance onde há, por exemplo, um aumento inesperado do andamento, a realização do *spiccato* se tornaria funcionalmente mais difícil. Nesse caso, o aumento da dificuldade seria, provavelmente, mais severo para um instrumentista iniciante do que para um experiente. Por outro lado, a dificuldade nominal da tarefa permaneceria a mesma, de forma independente. Assim, quanto maior a dificuldade nominal da tarefa espera-se um pior desempenho em sujeitos menos experientes, ou seja, é esperado que o resultado do desempenho de um iniciante seja alto apenas em condições de dificuldade nominal da tarefa muito baixa. Para indivíduos de nível intermediário e avançado espera-se que o desempenho se deteriore somente em tarefas nominalmente mais difíceis.

Portanto, ao se comparar a performance de uma técnica preferida com a performance de uma técnica não preferida, ambas realizadas pelo mesmo sujeito, são esperados diferentes níveis de desempenho e de esforço cognitivo. Na performance da técnica preferida espera-se tanto um melhor desempenho quanto um menor esforço cognitivo, devido à quantidade de prática acumulada pelo sujeito e a dificuldade funcional da tarefa. Por outro lado, na performance com a técnica não preferida a dificuldade tende a ser maior. Por isso, espera-se um pior desempenho e um maior esforço cognitivo.

Nestas circunstâncias, as experiências anteriores de desempenho de uma técnica preferida podem influenciar de alguma maneira o desempenho de uma técnica não preferida. Essa influência pode ser compreendida através do conceito de “transferência de aprendizagem”.

2. 7. Transferência de aprendizagem

Para a área de Aprendizagem Motora, “a transferência de aprendizagem ocorre quando a aprendizagem em um contexto ou com um conjunto de materiais impacta o desempenho em outro contexto ou com outros materiais relacionados” (PERKINS; SALOMON, 1992, p. 3). A transferência de aprendizagem também pode ser definida como “a influência de experiências anteriores no desempenho de uma habilidade em um novo contexto ou na aprendizagem de uma nova habilidade” (MAGILL; ANDERSON, 2016, p. 299). De maneira geral, os efeitos da transferência são observados quando um estímulo experimentado anteriormente requer uma resposta motora diferente do habitual. Isso acontece quando duas situações de desempenho são semelhantes, mas apresentam características do contexto ambiental diferentes das características do movimento, como por exemplo, a performance com os modelos de arco alemão e francês.

Esta influência é classificada por Magill e Anderson (2016) como sendo nula, positiva ou negativa. A transferência nula ocorre quando a experiência com uma habilidade anterior não tem influência na aprendizagem de uma nova habilidade. De outra maneira, a transferência negativa ocorre quando a aprendizagem em um contexto impacta negativamente o desempenho em outro contexto. Já a transferência positiva acontece quando a aprendizagem em um contexto melhora o desempenho da habilidade em outro contexto (PERKINS; SALOMON, 1992).

Os efeitos da transferência negativa, geralmente, são observados nos estágios iniciais da aprendizagem de uma nova habilidade. Porém, através da prática esses efeitos podem ser corrigidos (PERKINS; SALOMON, 1992). A transferência negativa ocorre, provavelmente, por pelo menos três motivos (MAGILL; ANDERSON, 2016). O primeiro diz respeito à representação da memória desenvolvida como resultado do aprendizado de uma habilidade. Quando uma habilidade é realizada de forma específica um acoplamento inerente à percepção-ação desenvolve-se entre as características perceptivas do ambiente da tarefa e do sistema motor. Este acoplamento torna-se parte da representação da memória para a ação. Dessa forma, quando o sujeito observa características perceptivas familiares no ambiente da performance o sistema motor se organiza em uma forma preferida de responder a essas características. Embora este processo permita uma performance rápida e precisa, pode se tornar um problema quando a situação familiar exigir um movimento diferente do que foi aprendido.

Outro possível motivo pelo qual ocorre a transferência negativa resulta de uma confusão cognitiva. Quando os requisitos perceptivos para realizar uma habilidade se apresentam de forma diferente da aprendida pode gerar certa confusão no sujeito sobre o que fazer (MAGILL;

ANDERSON, 2016). Por exemplo, um instrumentista que prefira o uso de informações táteis e visuais para o controle da afinação no contrabaixo pode apresentar dificuldades quando somente informações proprioceptivas e auditivas estiverem disponíveis. Dessa forma, o problema não estará relacionado ao controle dos movimentos (pois as notas no espelho do instrumento não mudam sua disposição), mas sim relacionado à confusão causada pela dificuldade em localizar as notas sem as informações sensoriais nas quais o instrumentista está habituado.

A terceira e última explicação proposta por Magill e Anderson (2016) diz respeito à perspectiva de sistemas dinâmicos, onde, tendências de coordenação de tarefas específicas podem ser consideradas componentes transferíveis de uma tarefa para outra, ou seja, padrões de movimentos estabelecidos adaptados para novos fins. Sobre essa perspectiva, a facilidade com que a coordenação de novos padrões é aprendida depende se as dinâmicas intrínsecas do aprendiz cooperam ou competem com o dinâmica exigida pela tarefa. Dessa forma, a competição entre a dinâmica intrínseca das duas tarefas torna a aprendizagem da nova tarefa mais difícil.

Segundo Magill e Anderson (2016), a ocorrência da transferência positiva pode ser explicada por duas principais teorias: a teoria dos elementos idênticos e a teoria do processamento apropriado para transferência. A primeira delas propõe que a “transferência se deve ao grau de semelhança entre as partes componentes ou características de duas habilidades ou dois contextos de desempenho” (MAGILL; ANDERSON, 2016, p. 305). Sob essa perspectiva, a transferência positiva será maior quanto mais semelhantes forem as partes componentes de duas habilidades. Neste caso podemos compreender o termo “partes componentes de uma habilidade” como qualquer parte observável do movimento ou mesmo como as tendências da coordenação e relações de fase comuns entre as tarefas. De outra forma, a teoria do processamento apropriado para transferência propõe que a transferência positiva se deve “à semelhança nas características do processamento cognitivo exigidas pelas duas habilidades ou duas situações de desempenho” (MAGILL; ANDERSON, 2016, p. 305). O principal ponto dessa teoria é a semelhança entre os processos cognitivos da aprendizagem ou do desempenho exigidos pelas duas situações de performance. Dessa forma, para que haja uma transferência positiva entre as tarefas é essencial que haja semelhança entre as exigências de processamento cognitivo entre elas.

A performance no contrabaixo, além de requerer a utilização de diferentes técnicas, também envolve o uso de técnicas semelhantes responsáveis por alcançar o mesmo resultado sonoro. Este é o caso do manuseio dos modelos de arco alemão e francês, por exemplo. Comparativamente, a performance com ambos os modelos apresenta similaridades e diferenças

tanto no aspecto mecânico quanto cognitivo, hipoteticamente. No cruzamento de cordas, por exemplo, sob o ponto de vista mecânico, os movimentos do ombro e do cotovelo são semelhantes enquanto que os movimentos do punho e dos dedos são dissemelhantes entre os modelos (LOPES, 2015). No aspecto cognitivo, pode haver semelhanças em questões perceptivas e decisórias enquanto que a organização da função motora se difere na performance entre os modelos.

Quando há uma mudança de uma técnica preferida para uma não preferida as características de cada uma podem favorecer ou não a transferência para o novo contexto, dependendo da direção. Quanto mais elementos motores e cognitivos idênticos forem compartilhados entre as técnicas comparadas maior a possibilidade de transferência (PERKINS; SALOMON, 1992).

Neste estudo, o utilizamos o termo “grau de mudança” para evidenciar a diferença entre as médias da técnica preferida e da não preferida ($\Delta = \bar{X}$ técnica preferida – \bar{X} técnica não preferida) nas medidas de desempenho e de esforço cognitivo. Dessa forma, entendemos que quanto mais negativo for o grau de mudança maior a dificuldade do sujeito na performance com a técnica não preferida, ou seja, menor é a ocorrência de transferência na mudança entre as técnicas.

3. OBJETIVOS E HIPÓTESES

3.1. Objetivo geral

Investigar o nível de desempenho e de esforço cognitivo gerado na performance de quatro excertos musicais com demandas técnicas distintas no contrabaixo.

3.2. Objetivos específicos

Comparar o nível do desempenho dos voluntários entre as técnicas preferida e não preferida utilizadas na performance de cada excerto.

Analisar o grau de mudança das medidas de desempenho observado entre as técnicas aplicadas em cada excerto.

Comparar o nível de esforço cognitivo observado entre as técnicas preferida e não preferida utilizadas na performance de cada excerto.

Analisar o grau de mudança do esforço cognitivo observado entre as técnicas aplicadas em cada excerto.

3.3. Hipóteses

H1: A performance com a técnica preferida implicará em melhor desempenho e menor esforço cognitivo.

H2: Na performance com a pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*, o grau de mudança do desempenho e do esforço cognitivo será menor nos sujeitos que têm como técnica preferida o manuseio do arco alemão.

H3: Na performance com o cruzamento de cordas, o grau de mudança do desempenho e do esforço cognitivo será menor nos sujeitos que têm como técnica preferida o manuseio do arco francês.

H4: Na performance com alternância rápida entre arco e *pizzicato*, o grau de mudança do desempenho e do esforço cognitivo será menor nos sujeitos que têm como técnica preferida o manuseio do arco francês.

H5: Na performance com localização de notas-alvo, o grau de mudança do desempenho e do esforço cognitivo será menor nos sujeitos que têm como técnica preferida o uso de referências visuais para o controle da afinação.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Amostra

Este estudo utilizou uma amostra de conveniência formada pelo maior número de voluntários que se dispuseram a participar, com expertise no contrabaixo acústico, proficiência na leitura de partituras e no manuseio dos modelos de arco alemão ou francês. Foram considerados experientes os contrabaixistas que possuísem em torno de 10 anos de prática ou mais, utilizando como referência os trabalhos de Côté *et al.* (2007), Lage *et al.* (2007) e Ericsson *et al.* (1993).

Os voluntários foram recrutados por meio de convite pessoal, na tentativa de equilibrar a mesma quantidade de sujeitos que tenham preferência pelo modelo de arco alemão ou francês e a preferência pelo uso ou não uso de referências visuais utilizadas para o controle da afinação. As características de cada voluntário, pertinentes para este estudo, foram coletas previamente por meio de autopreenchimento de formulário *online*.

A amostra final do estudo foi composta por 21 sujeitos, todos do sexo masculino, com idade entre 22 e 68 anos (40 ± 12), possuindo entre 8 e 45 anos de prática (20 ± 9) no contrabaixo. Entre os sujeitos, 11 declaram preferência pelo modelo de arco francês, sendo que 8 deles declararam-se inexperientes no manuseio do modelo de arco não preferido (alemão), 2 pouco experientes e 1 experiente. Dez sujeitos declararam preferência pelo modelo de arco alemão, sendo que 8 deles se declararam inexperientes no manuseio do arco não preferido (francês), 1 pouco experiente e 1 experiente. Em relação ao uso de referências visuais para o controle da afinação, 15 sujeitos declararam preferir utilizá-las e 6 sujeitos autodeclararam não utilizar nenhum tipo de referência visual.

Todos voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) no qual foram informados sobre todos os procedimentos da pesquisa.

4.2. Instrumentos

Na performance dos excertos musicais, todos os voluntários utilizaram o mesmo contrabaixo e o mesmo banco (assento), disponibilizados a eles no momento da coleta de dados. Cada voluntário utilizou o seu próprio arco, no qual é especialista (modelo preferido). O outro modelo de arco utilizado (modelo não preferido) foi disponibilizado igualmente para todos os voluntários.

Para captura, processamento e análise dos dados de desempenho foram utilizados um microfone condensador MXL modelo V67, um pedestal de microfone, uma interface de áudio *Beringer* modelo *U-Phoria UM2*, um notebook *Toshiba Satellite* modelo E45-B4100, os softwares *Studio One 5* para captura e *Sonic Visualiser* para análise, além de um metrônomo digital *Groovin* modelo GMT200P.

Para captura, processamento e análise dos dados do EEG foram utilizados um aparelho de eletroencefalografia (EEG) modelo X-10 com 10 canais da empresa *Advanced Brain Monitoring*, o software *B-Alert* da mesma empresa e um microcomputador *Dell* modelo *Optiplex 3010* com Monitor *Dell LED* de 21,5 polegadas.

4.3. Material musical

Os excertos musicais utilizados neste estudo (FIGURAS 10, 11, 12 e 13) são trechos originais, inéditos, criados e avaliados quanto à sua pertinência pelos autores do estudo de Lopes *et al.* (2020). A composição dos excertos teve como objetivo sintetizar em um curto trecho musical o máximo de informações e contrastes a respeito das técnicas abordadas, para que se tornem evidentes as diferenças existentes em cada condição de performance. Além disso, o ineditismo do material garantiu que todos os voluntários possuíssem a mesma quantidade de prática sobre ele. Um vídeo com a performance dos quatro excertos e suas condições de realização pode ser acessado através do link: <https://youtu.be/pNTcD_TLeG0>.

4.3.1. Pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*

O excerto abaixo (FIGURA 10) tem início no registro grave sobre as cordas III e IV (em vermelho), exigindo maior uso dos movimentos de extensão e flexão do ombro direito. Em seguida, um cruzamento da corda IV para a corda II (em azul claro) exige que a pressão do arco seja aliviada por um curto período de transição entre as cordas. Ao posicionar o arco no plano referente à corda II, um novo impulso muscular deve ser realizado e a pressão restabelecida (LOPES, 2015).

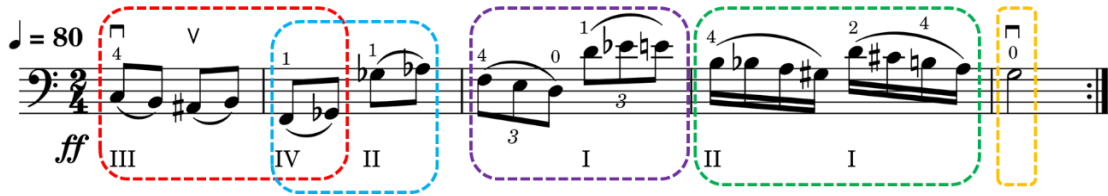


Figura 10: Excerto referente à pressão do arco sobre a corda em *fortissimo* no contrabaixo, criado para este estudo.

No terceiro compasso, duas tercinas acrescentam mais velocidade rítmica à digitação das notas (em roxo). A nota Ré₂ realizada com a corda II solta possibilita que a mão esquerda antecipe a mudança de posição do registro grave para o registro médio do instrumento na corda I. No plano referente à corda I há maior uso dos movimentos de abdução e adução do ombro (LOPES, 2015). No penúltimo compasso, o ritmo em semicolcheias adiciona ainda mais velocidade à digitação das notas nas cordas I e II, aumentando o nível de dificuldade do excerto (em verde). Por fim, o último compasso contém a uma nota longa (Sol₂), onde toda a extensão do arco deve ser utilizada (em laranja). Dessa forma, quanto mais o contato com a corda se aproxima da ponta do arco, maior o esforço muscular (pronação do antebraço e rotação interna do ombro) para manter a pressão da crina sobre a corda. Na volta do *ritornelo*, a arcada deve ser reposta para “baixo” próximo ao talão. Apesar do progressivo aumento da velocidade rítmica (colcheia-tercina-semicolcheia), cada tempo é articulado por uma arcada, sendo para “baixo” no primeiro tempo e para “cima” no segundo de cada compasso.

4. 3. 2. Cruzamento de cordas

Este excerto (FIGURA 11) deve ser realizado inteiramente com a mão esquerda na 3^a posição (RABBATH, 1977), tendo como referência o dedo polegar em contato com o salto da sela do contrabaixo e o dedo indicador sobre a nota Ré₃. Essa padronização do dedilhado objetivou garantir a mesma quantidade de movimentos entre cordas para todos os voluntários.



Figura 11: Excerto referente ao cruzamento de cordas no contrabaixo, criado para este estudo.

O excerto é composto por três fragmentos com diferentes características e dificuldade técnica de realização. No primeiro fragmento (em azul claro), o cruzamento ocorre entre as cordas adjacentes II-I (notas Si₂ bemol e Ré₃, respectivamente) e III-II (Fá₂ e Lá₂). A última nota desse segmento (Dó₂) exige uma mudança afastada da corda II para a corda IV (Lá₂). Com exceção da última nota, os cruzamentos desse fragmento exigem menor amplitude dos movimentos com o arco nas mudanças entre os planos pertencentes a cada corda. No segundo fragmento (em verde) os cruzamentos entre as cordas adjacentes II-I (Si₂ bemol e Ré₃) e afastadas III-I (Fá₂ e Ré₃), IV-I (Dó₂ e Ré₃), I-IV (Ré₃ e Dó₂) utilizam uma nota pedal Ré₃ na corda I. O cruzamento entre as cordas afastadas acrescenta maior dificuldade ao excerto, devido à necessidade de maior amplitude e velocidade dos movimentos com o arco, principalmente entre as cordas IV-I. O terceiro e último fragmento (em vermelho) é composto por cruzamentos entre cordas adjacentes e afastadas, sem a existência de uma nota pedal como referência. A partir do terceiro tempo do quarto compasso, até o fim, há uma inversão no padrão de intervalos com a nota mais aguda na cabeça de cada tempo, sendo articulada com o arco para baixo. Esse novo padrão tende a diminuir a amplitude dos movimentos, facilitando a alternância entre cordas, especialmente, em andamentos mais rápidos. Dessa forma, com o movimento do arco para cima na corda mais grave, o talão do arco estará mais próximo da corda a ser articulada para baixo. Quanto maior esta proximidade, menor será a amplitude do movimento rotacional responsável por conduzir o arco aos planos pertencentes a cada corda (LOPES, 2015).

4. 3. 3. Alternância rápida entre arco e *pizzicato*

As notas em *staccato* do excerto (FIGURA 12) devem ser articuladas todas na mesma direção com o arco para cima. Com isso, espera-se que a mão direita seja movida na direção das cordas para realizar o *pizzicato*, diminuindo a amplitude do movimento e facilitando a troca. Caso contrário, com a arcada para baixo, a mão direita estará sendo afastada das cordas.



Figura 12: Excerto referente à alternância rápida entre arco e *pizzicato* no contrabaixo, criado para este estudo.

Nos três primeiros compassos, observa-se um padrão de três semínimas articuladas com *pizzicato*/arco/arco (em vermelho), consecutivamente. Nesse padrão, as notas articuladas pelo *pizzicato* apresentam um caminho melódico descendente (Dó₂-Si₁-Lá₁), ao passo que as notas articuladas pelo arco mantêm a nota Sol₂ (corda I solta) como pedal. No quarto compasso, três semínimas são articuladas na sequência *pizzicato*/arco/*pizzicato*, interrompendo o padrão de articulação apresentado até então. No compasso seguinte (c.5), há uma repetição do primeiro padrão de articulação (*pizzicato*/arco/arco), porém, com a nota Lá₂, em arco, pressionada pelo dedo indicador. Entre o quarto e o quinto compasso observa-se uma sequência de dois *pizzicatos* consecutivos (em azul claro), compostos por um intervalo melódico de 2^a menor ascendente (Mi₂, Fá₂). Entre o sexto e o sétimo compasso a sequência de dois *pizzicatos* se repete, porém, compostos pelo intervalo de 2^a menor descendente (Dó₂, Si₁). Por fim, as duas últimas notas do excerto (Sol₂, Dó₂), articuladas em arco/*pizzicato* reduzem o ritmo da cadência final com a utilização das figuras mínima e mínima pontuada, consecutivamente (em verde). De forma geral, observa-se que as notas em *pizzicato* realizam uma condução melódica enfatizadas por acentos (*Marcato*), enquanto as notas articuladas pelo arco mantêm como apoio as notas pedais Sol₁ e Lá₁, sempre em *Staccato*.

4. 3. 4. Localização de notas-alvo

As primeiras notas-alvo do excerto (FIGURA 13), Lá₄ bemol e Sol₄ (em verde), são precedidas por um grande salto do registro médio para o agudo do instrumento. Elas podem ser localizadas utilizando a referência visual do terceiro parcial harmônico da corda I (8^a+8^a, Sol₄) para situar a mão esquerda.

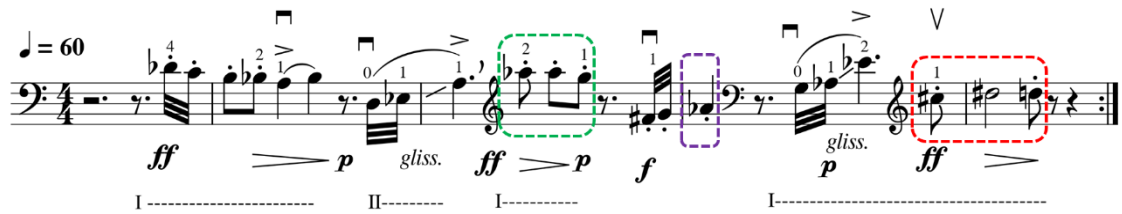


Figura 13: Excerto referente à localização de notas-alvo no contrabaixo, criado para este estudo.

A segunda nota-alvo, La₃ bemol (em roxo) é precedida por uma anacruse com as notas Fá#₃ e Sol₃, podendo ser localizada utilizando a referência visual do primeiro parcial harmônico da corda I (8^a, Sol₃). Para facilitar, este grupo de notas (Fa#₃, Sol₃ e Lá₃ bemol) deve ser realizado na mesma posição, com os dedos 1, 2 e 3, consecutivamente.

Por fim, as últimas notas-alvo Dó#₄, Ré#₄ e Ré₄ (em vermelho) podem ser localizadas utilizando uma referência visual sob o segundo parcial harmônico da corda I (8^a+ 5^a, Ré₄). Estas três últimas notas do excerto podem ser pressionadas pelos dedos 1, 2 e 3, respectivamente, na mesma posição.

4. 4. Delineamento

A tarefa do estudo se baseia na performance de quatro excertos musicais que exemplificam situações com demandas técnicas distintas, encontradas recorrentemente no repertório do contrabaixo. São elas: (1) pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*; (2) cruzamento de cordas; (3) alternância rápida entre arco e *pizzicato*; (4) localização de notas-alvo.

Cada excerto foi realizado pelo mesmo sujeito utilizando duas técnicas diferentes, sendo uma delas preferida e outra não preferida. As performances referentes à pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*, ao cruzamento de cordas e à alternância rápida entre arco e *pizzicato* foram realizadas utilizando o modelo de arco francês e utilizando o modelo de arco alemão. Já as performances referentes à localização de notas-alvo, foram realizadas utilizando referências visuais e sem o uso delas.

Na performance deste último excerto cada voluntário utilizou somente o seu modelo de arco preferido. Na condição com o uso de referências visuais foram utilizados pequenos adesivos em formato circular afixados no espelho do contrabaixo que serviram como pontos de

referências correspondentes aos harmônicos naturais das notas Sol₃, Ré₄ e Sol₄, na corda I. Na condição sem o uso de referências visuais, os adesivos no espelho foram removidos.

Os voluntários realizam quatro tentativas com a técnica preferida e mais quatro tentativas com a não preferida em cada excerto, com o auxílio do metrônomo. A ordem de performance, tanto dos excertos quanto da preferência dos voluntários, foi contrabalanceada de forma pseudoaleatória.

As performances foram registradas em áudio via microfone, interface de áudio e o *software Studio One 5*. A partir desses registros, medidas de desempenho foram extraídas através do *Software Sonic Visualiser* (CANNAM *et al.*, 2010). As performances dos excertos referentes ao cruzamento de cordas e alternância rápida entre arco e *pizzicato* foram analisados pelo índice de “*Timing*”, referente às oscilações na performance das figuras rítmicas em torno do andamento proposto para cada excerto, medidas através do erro absoluto. As performances do excerto referente à pressão do arco sobre a corda foram analisadas pelo índice de “*Dinâmica*”, referente ao nível da intensidade sonora, medido em *RMS (Root Mean Square)*. Por fim, as performances dos excertos referentes à localização de notas-alvo foram analisadas pelo índice de “*Pitch*”, referente às oscilações na frequência (*Hz*) das notas-alvo Lá₄ bemol, Sol₄, La₃ bemol, Dó#₄, Ré#₄ e Ré₄, medidas através do erro absoluto.

Além das medidas de desempenho, as demandas cognitivas dos voluntários foram registradas via aparelho EEG, microcomputador e *software B-Alert*. A partir desses registros as medidas cognitivas foram evidenciadas pelo mesmo *software*, através do índice de *Workload* e do índice de Engajamento, já descritos anteriormente na seção “2. 3. Esforço cognitivo”.

4. 5. Procedimentos de coleta de dados

A coleta dos dados foi realizada pelo próprio discente do Programa de Pós-Graduação em Música da UFMG no laboratório de coletas do GEDAM, localizado na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da UFMG. A participação de cada voluntário foi concluída com apenas um encontro de duração média de 1h e 45min.

Inicialmente, foi apresentado ao voluntário o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Após a assinatura, o voluntário foi encaminhado para os procedimentos padrões de coleta de dados do EEG, seguindo as orientações do manual do usuário *B-Alert X10* (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2010).

O primeiro passo da coleta consistiu em medir as distâncias entre pontos anatômicos do crânio do voluntário para a escolha do tamanho da fita de eletrodos mais adequada. Isso permite

que os eletrodos possam ser posicionados corretamente sobre as áreas do cérebro que se pretende medir. As medidas foram feitas do ponto nasion (ponto mais anterior da sutura frontonasal) ao inion (projeção mais proeminente do osso occipital na região posteroinferior do crânio humano) e da crista da hélix da orelha direita até a crista da hélix da orelha esquerda (FIGURA 14).

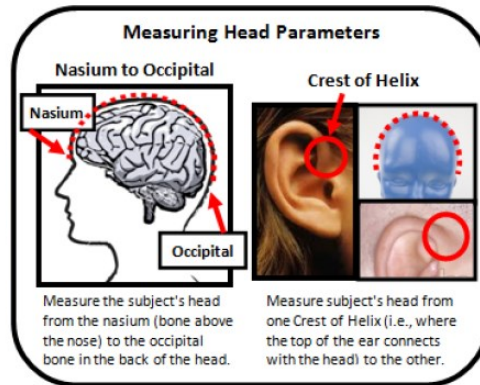


Figura 14: Pontos anatômicos utilizados como referência para a medição do crânio e escolha da fita de eletrodos. Fonte: Figura adaptada do Manual de uso B-Alert X-10 (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2010, p. 11)

Este procedimento segue o Sistema Internacional 10-20 para posicionamento de eletrodos (JASPER, 1958). Neste sistema é atribuída à medida nasion-inion o valor total de 100%, sendo que, os eletrodos das extremidades obedecem a uma distância de 10% a partir dos pontos anatômicos e os eletrodos seguintes uma distância de 20% entre eles. A medida crista da hélix direita-crista da hélix esquerda segue o mesmo critério para o posicionamento dos eletrodos (FIGURA 15).

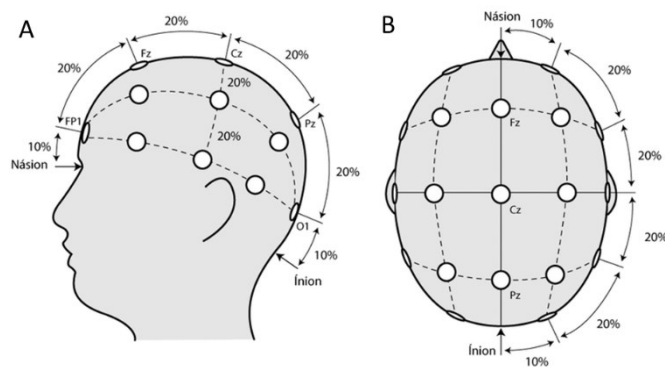


Figura 15: Posicionamento dos eletrodos sobre o crânio de acordo com o Sistema 10-20. (A) Vista pelo plano anatômico sagital. (B) Vista pelo plano anatômico horizontal. Fonte: Figura adaptada de (RODRIGUES, 2018, p. 33).

O aparelho *B-Alert X10* utiliza três trios de eletrodos (FIGURA 16). O trio F3-Fz-F4 é posicionado sobre a área pré-frontal do cérebro, associada a funções executivas e ao nível mais abstrato do planejamento de metas. O trio seguinte, C3-Cz-C4, corresponde à área central, que engloba os córtices motor e somatosensorial, responsáveis pelo planejamento e realização dos movimentos. O terceiro e último trio, P3-POz-P4, relaciona-se com a área parietal, responsável por integrar e processar informações sensoriais e atencionais.

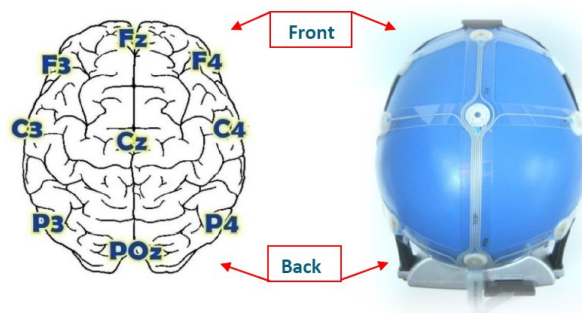


Figura 16: Posicionamento dos 3 trios de eletrodos sobre as regiões do cérebro. Fonte: Manual de uso B-Alert X-10 (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2010, p. 8)

Após a escolha do tamanho adequado, foram afixadas espumas de contato na parte interna da fita e aplicado a elas um gel condutor (FIGURA 17A). Dessa forma é criada uma interface entre eletrodo-eletrólito permitindo que a corrente elétrica cerebral possa ser captada pelo aparelho. Uma tiara de velcro que circunda o crânio, portando o amplificador de sinais, foi colocada no voluntário. Posteriormente, a fita de eletrodos foi fixada na tiara e, por sua vez, conectada ao amplificador (FIGURA 17B).

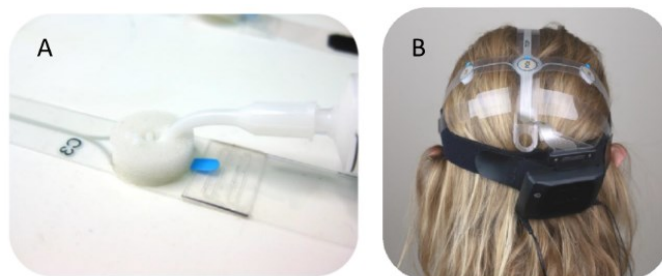


Figura 17: Preparo e colocação dos materiais. (A) Afixação das espumas nos eletrodos e aplicação do creme condutor. (B) Fixação da tira e acoplamento do amplificador. Fonte: Figura adaptada do Manual de uso B-Alert X-10 (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2014, p. 17 e 18)

Na sequência, foram afixados eletrodos no processo mastoide de ambos os lados do crânio (FIGURA 18A e 18B), no ponto médio da clavícula direita (FIGURA 18C) e na costela inferior esquerda do voluntário (FIGURA 18D).

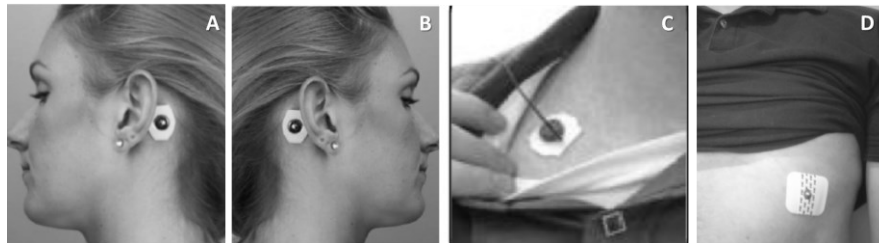


Figura 18: Posicionamento dos eletrodos (A e B) no processo mastoide de ambos os lados do crânio, (C) no ponto médio da clavícula direita e (D) na costela inferior esquerda.

Na sequência, o amplificador de sinais foi ligado e sincronizado ao microcomputador, via sinal *wireless*. O *software B-Alert* então foi ativado e a impedância dos eletrodos medida através de suas funções. Foi adotado um valor abaixo de $5k\Omega$, no qual o *software* considera que 95% dos segundos captados possui boa qualidade de medição. Após o alcance do valor de impedância adotado em todos os eletrodos, o voluntário foi posicionado sentado em frente ao microcomputador para realizar três tarefas que visam avaliar os níveis de sonolência, engajamento e distração. Essas tarefas são necessárias para configurar uma medida comparativa (*baseline*), estabelecendo um perfil individualizado de EEG a ser utilizado como base para os cálculos das métricas cognitivas: índice de Engajamento e índice de *Workload* (BERKA *et al.*, 2007). Todas as três tarefas têm duração aproximada de 3 minutos cada.

A primeira tarefa (*3-Choice Vigilance Task*) consistiu em teclar as setas para a direita ou para a esquerda no teclado do microcomputador, o mais rápido possível, de acordo com o aparecimento de três estímulos visuais diferentes: triângulo, triângulo invertido e losango. O primeiro estímulo (triângulo) tem uma ocorrência de 70% e corresponde ao toque na seta para a esquerda. Os dois seguintes (triângulo invertido e losango) são estímulos secundários com uma ocorrência de 30% do total, correspondente ao toque na seta para a direita. A frequência dos estímulos possui intervalos diferentes entre eles que variam entre 1,5 e 10 segundos. São menores no início da sessão, onde a demanda do estado de alerta é maior, e maiores ao final da sessão, onde há a identificação do estado de sonolência (BERKA *et al.*, 2007; LELIS-TORRES, 2017).

As duas tarefas seguintes visaram detectar estímulos visuais e sonoros, apresentados em intervalos regulares no computador, utilizados como indicadores de atenção sustentada. Na

tarefa de vigilância psicomotora visual (*Visual Psychomotor Vigilance Task*) o voluntário devia teclar a barra de espaço junto a um estímulo visual correspondente a um círculo vermelho. A frequência desses estímulos foi mantida de 2 em 2 segundos durante toda a sessão. Por fim, a tarefa de vigilância psicomotora auditiva (*Auditory Psychomotor Vigilance Task*) consistiu em teclar a barra de espaço junto a um estímulo sonoro com frequência de 2 em 2 segundos. Durante toda essa tarefa os voluntários permaneceram de olhos fechados (GABEL *et al.*, 2019; LELIS-TORRES 2017; STEVENS *et al.*, 2007).

Após a conclusão das três tarefas para a composição do *baseline*, os voluntários foram encaminhados para a realização das tarefas da pesquisa. Eles foram instruídos a desligar o aparelho celular ou demais equipamentos eletrônicos que estivessem portando, a evitar movimentos desnecessários à performance dos excertos (como “bater” os pés e realizar movimentos excessivos com a cabeça), além de evitar tecer comentários durante a performance dos excertos.

Antes da realização das quatro tentativas de cada técnica, instruções específicas foram fornecidas de maneira padronizada. Na sequência, os voluntários foram expostos a 3 minutos de prática. Ao fim deste período, o registro dos *softwares B-Alert* e *Sonic Visualiser* foram manualmente iniciados de forma sincronizada. Após cerca de 20 segundos do início da aquisição dos dados, uma contagem de dois compassos em branco, junto ao metrônomo, foi conduzida em voz alta pelo pesquisador como sinal para o início da performance em cada uma das quatro tentativas. Entre as tentativas houve um intervalo de 10 segundos antes de cada nova contagem. A aquisição de dados do EEG foi interrompida, aproximadamente, 5 segundos após o término das quatro tentativas. O tempo de espera inicial de 20 segundos e o final de 5 segundos foram padronizados de forma a garantir que os *softwares* estivessem aptos a iniciar a captura dos dados e a finalizar o processamento de forma a não comprometer os dados. O mesmo procedimento foi adotado de forma padrão na performance de cada técnica (preferida e não preferida) em cada um dos quatro excertos. No final da sessão, o aparelho EEG foi desligado e retirado do voluntário. A fita e a tiara foram devidamente higienizadas e as espumas de contato foram descartadas.

As performances dos excertos tiveram duração média de 1min e 45s (pressão do arco sobre a corda), 2min e 45s (cruzamento de cordas), 2min e 30s (alternância rápida entre arco e *pizzicato*) e 3min e 10s (localização de notas-alvo).

4. 6. Processamento e redução dos sinais do EEG

O processamento de sinais foi constituído pela filtragem e digitalização dos sinais, identificação e descontaminação de artefatos e extração das variáveis.

Artefatos são ruídos e interferências que podem comprometer a qualidade dos sinais registrados, como *spikes*, saturação do amplificador e *excursions*, detectados e excluídos de forma automática pelo *software* no domínio do tempo. Para cada artefato detectado e excluído, valores zero foram inseridos no sinal de EEG reconstruído no cruzamento de zero antes e depois dos *spikes*, *excursions* e saturações.

Para identificar e descontaminar ruídos de piscadas de olhos e de atividade muscular excessiva (EMG) o sinal EEG foi decomposto utilizando uma transformação de *wavelets* 0-2, 2-4, 4-8, 8-16, 16-32, 32-64 e 64-128Hz. Os valores encontrados na banda de *wavelets* 64-128Hz foram identificados como EMG e excluídos. As piscadas de olhos foram detectadas por meio de análises de funções discriminantes dos valores absolutos dos coeficientes de *wavelets* 0-2, 2-4, 4-8, 8-16, 16-32, 32-64 Hz dos 50°, 40°, 30°, 20° e 10° pontos de dados antes e depois do ponto de dados alvo em FzPOz e CzPOz. Esta análise classifica cada ponto de dado como piscada de olho, controle ou atividade da banda teta (4-7Hz). A região de piscadas de olhos é definida com base em uma distância fixa antes do início e após o final do piscar. Essa região é então substituída pela média dos coeficientes de *wavelets* de 0-2, 2-4 e 4-8Hz de regiões próximas não contaminadas. Dessa forma, o sinal EEG é reconstruído a partir de *bins wavelets* que variam de 0,5 a 64Hz.

Após a descontaminação dos sinais, as variáveis de densidade espectral (DEP) absoluta e relativa de EEG foram calculadas para cada 1 segundo de *epoch* usando uma janela de sobreposição de 50% de dados. Os valores de DEP foram ajustados para acomodar a inserção de valores zero como substituições para os artefatos excluídos (BERKA *et al.*, 2007; LELIS-TORRES, 2017). Quando mais de 128 valores zero foram inseridos em uma sobreposição, essa sobreposição foi excluída da média de composição do *epoch*. Quando 2 das 3 sobreposições foram excluídas, o *epoch* foi classificado como “inválido” (-99999 inserido para o valor da DEP) e foi excluído da análise (ADVANCED BRAIN MONITORING, 2009).

4. 7. Procedimentos de análise dos dados

Os dados cognitivos brutos foram recortados para a análise de acordo com os tempos de início e de fim da gravação de áudio correspondente. Dessa forma, o índice de *Workload* e o

índice de Engajamento de cada sujeito foram compostos pela média das quatro tentativas de performance com cada técnica.

Quando os dados inválidos, excluídos da análise, representaram mais de 30% do total de dados da performance de uma técnica (conjunto de 4 tentativas) a performance inteira do sujeito foi considerada inválida e retirada da análise. Dessa forma, a análise dos dados cognitivos foi composta por números distintos de sujeitos em cada excerto. Na análise do índice de Engajamento nenhum sujeito foi excluído por este critério. Assim, nos excertos relativos à pressão do arco sobre a corda, cruzamento de corda e alternância rápida entre arco e *pizzicato* a análise foi composta por 21 sujeitos (10 com preferência pelo arco alemão e 11 pelo francês). No excerto relativo à localização de notas-alvo um sujeito foi excluído devido a problemas técnicos nos dados de desempenho, conseqüentemente, os dados cognitivos correspondentes também foram excluídos da amostra. Assim, a análise dos dados de desempenho e do índice de Engajamento deste excerto foi composta por 20 sujeitos (14 com preferência pelo uso de referências visuais e 6 pelo não uso).

Na análise do índice de *Workload*, no excerto relativo à pressão do arco sobre as cordas foram excluídos 7 sujeitos (3 com preferência pelo arco alemão e 4 pelo francês). Assim, a análise foi composta por 14 sujeitos (7 com preferência pelo arco alemão e 7 pelo francês). No excerto relativo ao cruzamento de cordas foram excluídos 3 sujeitos (1 com preferência pelo arco alemão e 2 pelo francês). Assim, a análise foi composta por 18 sujeitos (9 com preferência pelo arco alemão e 9 pelo francês). No excerto referente à alternância rápida entre arco e *pizzicato* foram excluídos 6 sujeitos (2 com preferência pelo arco alemão e 4 pelo francês). Assim, a análise foi composta por 15 sujeitos (8 com preferência pelo arco alemão e 7 pelo francês). No excerto referente à localização de notas-alvo foram excluídos 4 sujeitos (3 com preferência pelo uso de referências visuais e 1 pelo não uso). Assim, a análise foi composta por 17 sujeitos (12 com preferência pelo uso de referências visuais e 5 pelo não uso).

Na análise dos dados de desempenho, além do sujeito excluído da análise do excerto relativo à localização de notas-alvo, mencionado acima, nenhum outro sujeito foi excluído. Assim, nos excertos relativos à pressão do arco sobre a corda, cruzamento de corda e alternância rápida entre arco e *pizzicato* a análise foi composta por 21 sujeitos (10 com preferência pelo arco alemão e 11 pelo francês).

Considerando a desproporção entre o número de sujeitos no excerto relativo à localização de notas-alvo (12/5 cognitivo; 14/6 desempenho), assumimos de antemão a não normalidade na análise dos dados referentes a este excerto. Dessa forma, testes não paramétricos foram utilizados, tanto nas medidas de desempenho quanto cognitivas.

4. 8. Variáveis

4. 8. 1. Variáveis independentes

Trata-se da performance de quatro excertos musicais no contrabaixo com suas respectivas condições de realização:

- 1) Pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*:
 - a) utilizando o modelo de arco francês;
 - b) utilizando o modelo de arco alemão;
- 2) Cruzamento de cordas:
 - a) utilizando o modelo de arco francês;
 - b) utilizando o modelo de arco alemão;
- 3) Alternância rápida entre arco e *pizzicato*:
 - a) utilizando o modelo de arco francês;
 - b) utilizando o modelo de arco alemão;
- 4) Localização de notas-alvo:
 - a) com o uso de referências visuais;
 - b) ausência de referências visuais;

4. 8. 2. Variáveis dependentes motoras

As variáveis motoras analisados foram: (a) índice de *Timing*, (b) índice de Dinâmica, (c) índice de *Pitch* e as medidas relacionadas ao grau de mudança (d) Δ *Timing*, (e) Δ Dinâmica e (f) Δ *Pitch*.

4. 8. 3. Variáveis dependentes cognitivas

As variáveis cognitivas analisadas foram: (a) índice de *Workload*, (b) índice de Engajamento e as medidas relacionadas ao grau de mudança Δ *Workload* e Δ Engajamento.

4. 9. Procedimentos estatísticos

As análises descritivas dos dados foram organizadas por meio de média e desvio padrão de 4 tentativas de cada bloco definido por cada técnica aplicada.

Nas análises inferenciais, o teste de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para verificar a normalidade dos dados. Nos casos em que os pressupostos da normalidade não foram atendidos, o teste U de *Mann-Whitney* foi aplicado para as medidas independentes e o teste de *Wilcoxon* foi utilizado para as medidas dependentes.

Foram conduzidos testes t dependentes para comparar as performances com as técnicas preferida e não preferida de cada excerto, nas medidas: índice de *Workload* e índice de Engajamento para as medidas cognitivas e índice de *Timing* (cruzamento de cordas e alternância rápida entre arco e *pizzicato*), índice de *Pitch* (localização de notas-alvo) e índice de Dinâmica (pressão do arco sobre a corda) para as medidas de desempenho.

Na sequência, foram conduzidos testes t independentes para comparar o grau de mudança entre os grupos que têm preferência pelo manuseio do arco alemão ou pelo francês e entre os grupos que utilizam ou não utilizam referências visuais para o controle da afinação. Para isso foram utilizadas as medidas: Δ *Workload* e Δ Engajamento para as métricas cognitivas e Δ *Timing*, Δ *Pitch* e Δ Dinâmica para as medidas de desempenho. Foi adotado o nível de significância de $p < 0,05$.

4. 10. Cuidados éticos

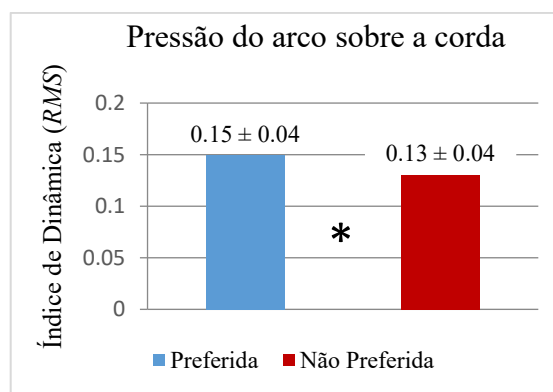
Este estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG) e aprovado sob o parecer nº 4.890.250, respeitando todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde para pesquisas com seres humanos.

5. RESULTADOS

5. 1. Pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*

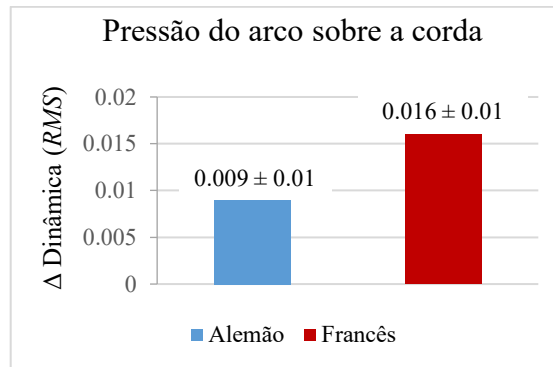
Na análise descritiva do desempenho motor (GRÁFICO 1), a performance com a técnica preferida apresentou maior índice de Dinâmica (0.15 ± 0.04 RMS) quando comparada à performance com a técnica não preferida (0.13 ± 0.04 RMS). O teste t dependente encontrou diferença significativa com tamanho de efeito grande [$t(21) = 20$, $p < 0.01$, $d = 0.91$] no índice de Dinâmica entre a performance com a técnica preferida e a não preferida.

Gráfico 1: Média e desvio padrão do índice de Dinâmica (RMS), medido durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à pressão do arco sobre a corda em *fortissimo* (*significa diferença significativa).



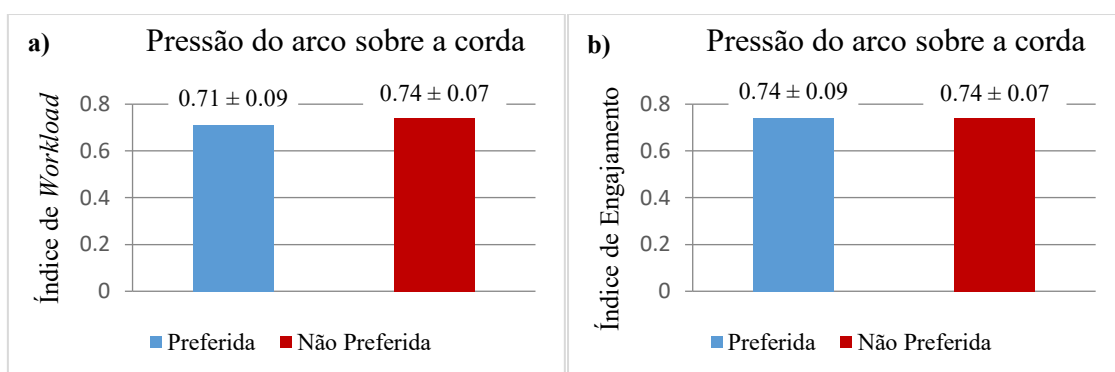
A análise descritiva do grau de mudança entre as medidas de desempenho (GRÁFICO 2) mostrou menor grau de mudança no Δ Dinâmica do arco alemão (0.009 ± 0.01) para o arco francês do que ao contrário (0.016 ± 0.01). A mudança ocorreu no sentido de aumento dessa medida. O teste t independente não encontrou diferença significativa [$t(21) = 19$, $p = 0.20$, $d = -0.58$] no Δ Dinâmica entre os arcos alemão e francês. O tamanho do efeito foi médio.

Gráfico 2: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo Δ Dinâmica (*RMS*) do excerto referente à pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*.



Na análise descritiva dos dados cognitivos, a performance com a técnica preferida apresentou menor índice de *Workload* (0.71 ± 0.09) quando comparada à performance com a técnica não preferida (0.74 ± 0.07). O índice de Engajamento apresentou equiparidade entre as técnicas (GRÁFICO 3). O teste t dependente encontrou significância marginal com tamanho de efeito médio entre a performance com a técnica preferida e a não preferida no índice de *Workload* [$t(14) = 13$, $p = 0.07$, $d = -0.55$]. No índice de Engajamento, o teste t não encontrou diferença significativa [$t(21) = 20$, $p = 0.75$, $d = -0.07$]. O tamanho de efeito foi pequeno.

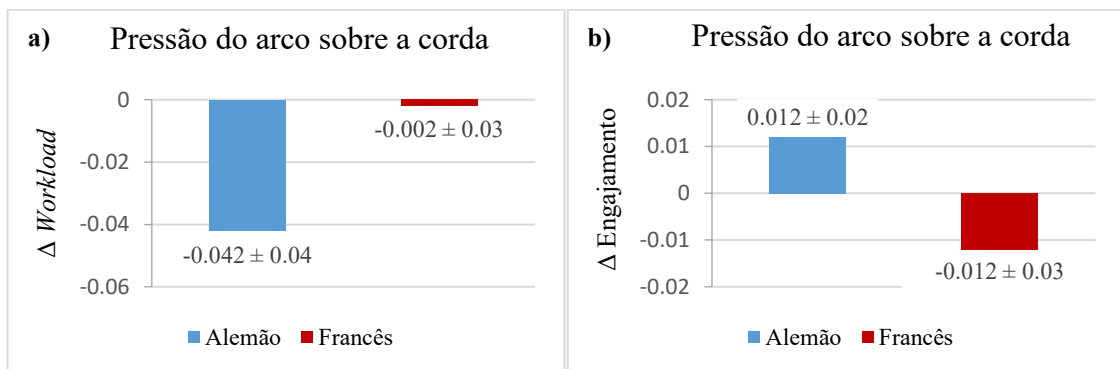
Gráfico 3: Média e desvio padrão do (a) índice de *Workload* e do (b) índice de Engajamento despendidos durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*.



A análise descritiva do grau de mudança entre as medidas cognitivas (GRÁFICO 4) mostrou menor grau de mudança no Δ *Workload* do arco alemão (-0.042 ± 0.04) para o arco francês do que no sentido contrário (-0.002 ± 0.03). Para o Δ Engajamento, foi encontrado maior grau de mudança do arco alemão (0.012 ± 0.02) para o arco francês do que no sentido contrário (-0.012 ± 0.03). No Δ *Workload* a mudança ocorreu no sentido de aumento dessa

medida cognitiva e no Δ Engajamento no sentido de diminuição dessa medida. O teste t independente encontrou significância estatística marginal com dimensão do efeito grande entre o Δ *Workload* [$t(14) = 12$, $p = 0.08$, $d = -1.00$] e o Δ Engajamento [$t(21) = 19$, $p = 0.08$, $d = 0.80$] dos arcos alemão e francês.

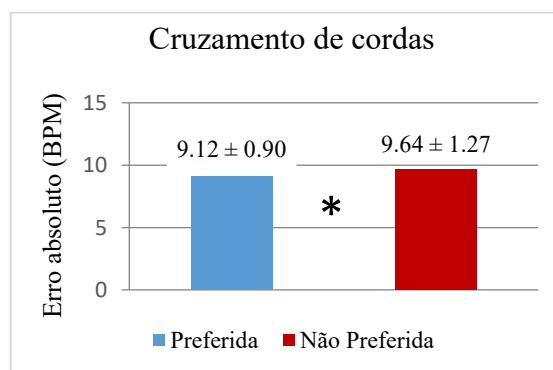
Gráfico 4: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo (a) Δ *Workload* e (b) Δ Engajamento do excerto referente à pressão da crina sobre a corda em *fortissimo*.



5. 2. Cruzamento de cordas

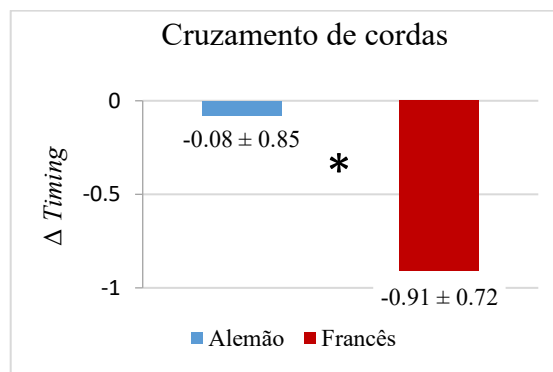
Na análise descritiva do desempenho motor (GRÁFICO 5), a performance com a técnica preferida apresentou menor índice de *Timing* (9.12 ± 0.90 BPM) quando comparada à performance com a técnica não preferida (9.64 ± 1.27 BPM). O teste de *Wilcoxon* encontrou diferença significativa com tamanho de efeito médio ($Z [N=21] = -2.01$, $p < 0.04$, $r = -0,51$) no índice de *Timing* entre a performance com a técnica preferida e a não preferida.

Gráfico 5: Média e desvio padrão do índice de *Timing*, medido através do erro absoluto (BPM), durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente ao cruzamento de cordas.



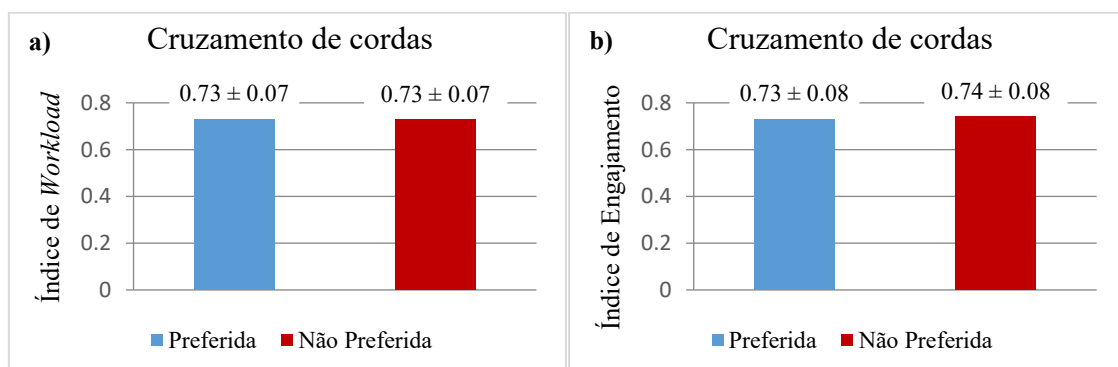
A análise descritiva do grau de mudança entre as medidas de desempenho (GRÁFICO 6) mostrou maior grau de mudança no Δ *Timing* do arco alemão (-0.08 ± 0.85) para o arco francês do que ao contrário (-0.91 ± 0.72). A mudança ocorreu no sentido de diminuição dessa medida. O teste t independente encontrou diferença significativa [$t(21) = 19, p < 0.02, d = 1.05$], com tamanho de efeito grande no Δ *Timing* entre os arcos alemão e francês.

Gráfico 6: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo Δ *Timing* do excerto referente ao cruzamento de cordas.



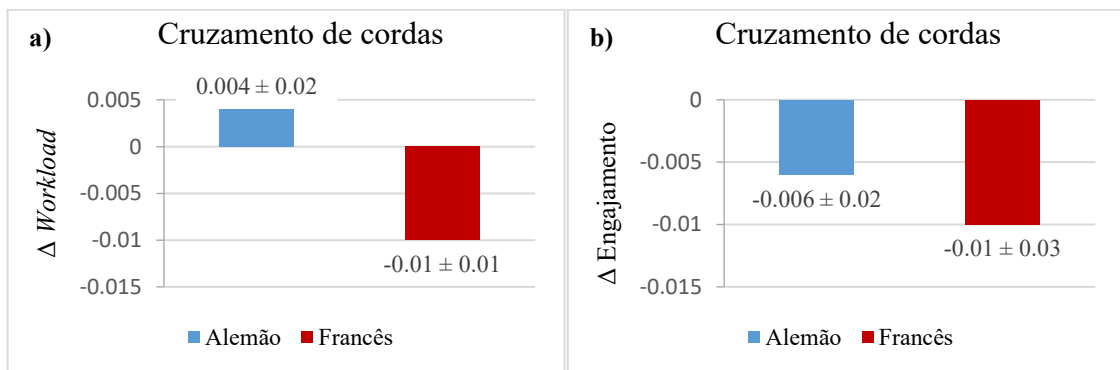
A análise descritiva das medidas cognitivas (GRÁFICO 7) apresentou equiparidade no índice de *Workload*. A performance com a técnica preferida apresentou menor índice de Engajamento (0.73 ± 0.08) quando comparada à performance com a técnica não preferida (0.74 ± 0.08). O teste t independente não encontrou diferença significativa entre a performance com a técnica preferida e não preferida para o índice de *Workload* [$t(18) = 18, p = 0.40, d = -0.20$]. Para o índice de Engajamento ($Z [N=21] = -1.34, p = 0.18, r = -0.34$), o teste de *Wilcoxon* não encontrou diferença significativa. Em ambos os índices o tamanho do efeito foi pequeno.

Gráfico 7: Média e desvio padrão do (a) índice de *Workload* e do (b) índice de Engajamento despendidos durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente ao cruzamento de cordas.



A análise descritiva do grau de mudança entre as medidas cognitivas (GRÁFICO 8) mostrou maior grau de mudança no Δ *Workload* do arco alemão (0.004 ± 0.02) para o arco francês do que no sentido contrário (-0.01 ± 0.01). Para o Δ Engajamento, foi encontrado maior grau de mudança do arco alemão (-0.006 ± 0.02) do que no sentido contrário (-0.01 ± 0.03). Em ambos os índices a mudança ocorreu no sentido de diminuição das medidas cognitivas. O teste t independente não encontrou diferença significativa entre o Δ *Workload* [$t(18) = 16, p = 0.15, d = -0.70$] e o Δ Engajamento [$t(21) = 19, p = 0.63, d = 0.21$] dos arcos alemão e francês. O índice de *Workload* apresentou tamanho de efeito médio e o índice de Engajamento apresentou tamanho de efeito pequeno.

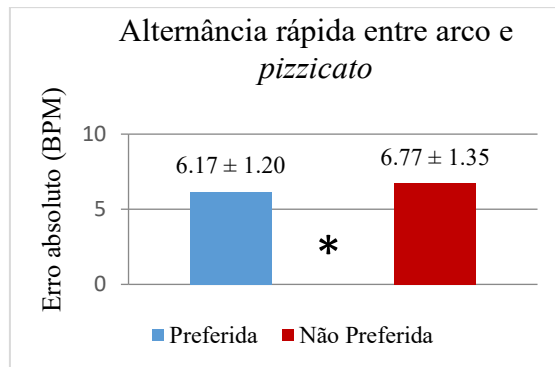
Gráfico 8: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo (a) Δ *Workload* e (b) Δ Engajamento do excerto referente ao cruzamento de cordas



5. 3. Alternância rápida entre arco e pizzicato

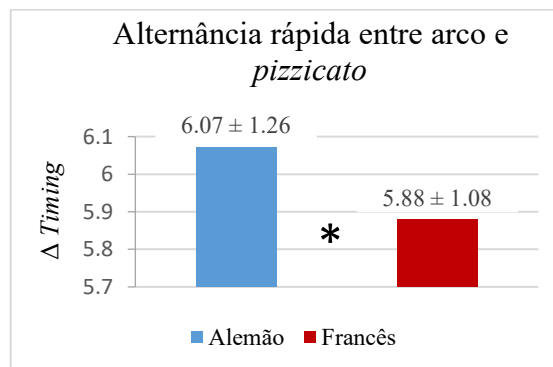
Na análise descritiva do desempenho motor (GRÁFICO 9), a performance com a técnica preferida apresentou menor índice de *Timing* (6.17 ± 1.20 BPM) quando comparada à performance com a técnica não preferida (6.77 ± 1.35 BPM). O teste t dependente encontrou diferença significativa com tamanho de efeito médio [$t(21) = 19, p < 0.02, d = -0.55$] entre a performance com a técnica preferida e a não preferida.

Gráfico 9: Média e desvio padrão do índice de *Timing*, medido através do erro absoluto (BPM), durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à alternância rápida entre arco e *pizzicato*.



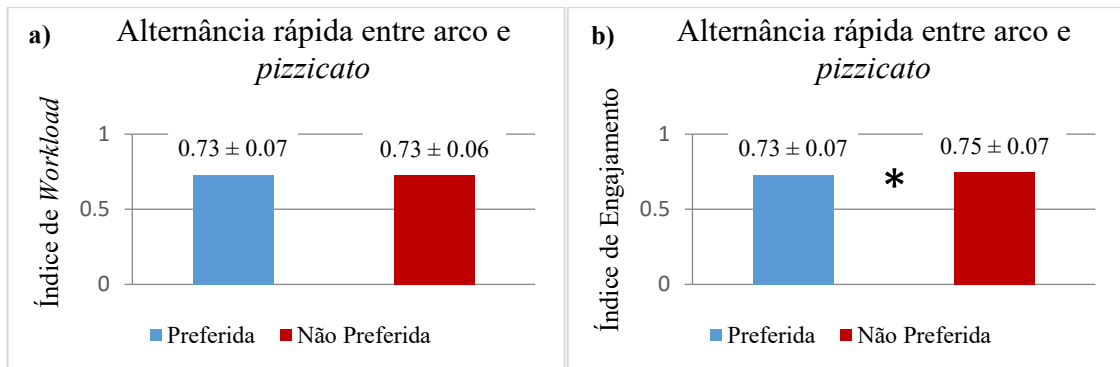
A análise descritiva do grau de mudança entre as medidas de desempenho (GRÁFICO 10) mostrou maior grau de mudança no Δ *Timing* do arco alemão (6.07 ± 1.26) para o arco francês do que ao contrário (5.88 ± 1.08). A mudança ocorreu no sentido de diminuição dessa medida. O teste t independente encontrou diferença significativa [$t(21) = 19, p < 0.01, d = 1.16$] com tamanho de efeito grande no Δ *Timing* entre os arcos alemão e francês.

Gráfico 10: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo Δ *Timing* do excerto referente a alternância rápida entre arco e *pizzicato*.



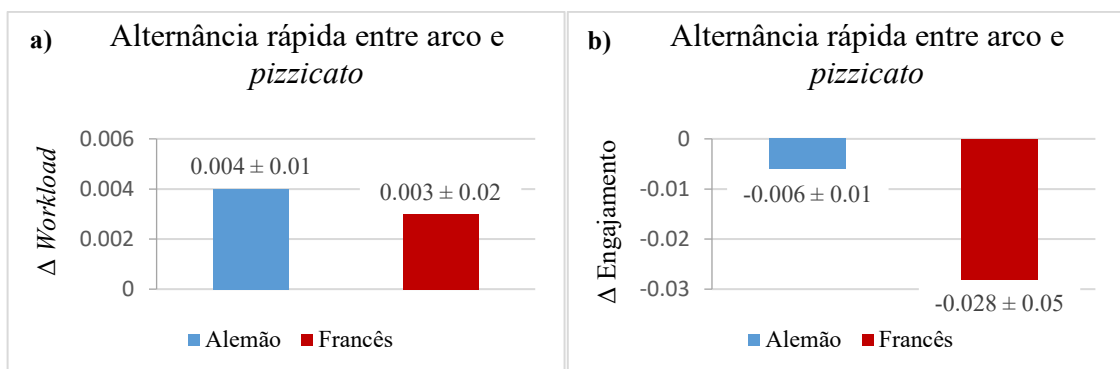
A análise descritiva das medidas cognitivas (GRÁFICO 11) apresentou equiparidade no índice de *Workload*. A performance com a técnica preferida apresentou menor índice de Engajamento (0.73 ± 0.07) quando comparada à performance com a técnica não preferida (0.75 ± 0.07). O teste t dependente não encontrou diferença significativa entre a performance com a técnica preferida e a não preferida para o índice de *Workload* [$t(15) = 14, p = 0.54, d = 0.16$]. O tamanho do efeito foi pequeno. Para o índice de Engajamento ($Z [N=21] = -1.86, p < 0.04, r = -0,51$), foi encontrado diferença significativa com tamanho do efeito médio.

Gráfico 11: Média e desvio padrão do (a) índice de *Workload* e do (b) índice de Engajamento despendidos durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à alternância rápida entre arco e *pizzicato*.



A análise descritiva do grau de mudança entre as medidas cognitivas (GRÁFICO 12) mostrou maior grau de mudança no Δ *Workload* do arco alemão (0.004 ± 0.01) para o arco francês do que no sentido contrário (0.003 ± 0.02). Para o Δ Engajamento, foi encontrado maior grau de mudança do arco alemão (-0.006 ± 0.01) para o arco francês do que no sentido contrário (-0.028 ± 0.05). Em ambos os casos a mudança ocorreu no sentido de diminuição dessas medidas. O teste t independente não encontrou diferença significativa entre o Δ *Workload* [$t(15) = 13, p = 0.93, d = 0.05$] e o Δ Engajamento [$t(21) = 18, p = 0.29, r = 0.48$] dos arcos alemão e francês. Em ambas as medidas, o tamanho do efeito foi pequeno.

Gráfico 12: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo (a) Δ *Workload* e (b) Δ Engajamento do excerto referente à alternância rápida entre arco e *pizzicato*.

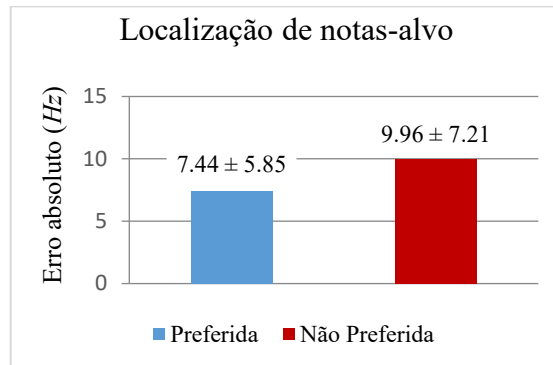


5. 4. Localização de notas-alvo

Na análise descritiva do desempenho motor (GRÁFICO 13), a performance com a técnica preferida apresentou menor índice de *Pitch* (7.44 ± 5.85 Hz) quando comparada à

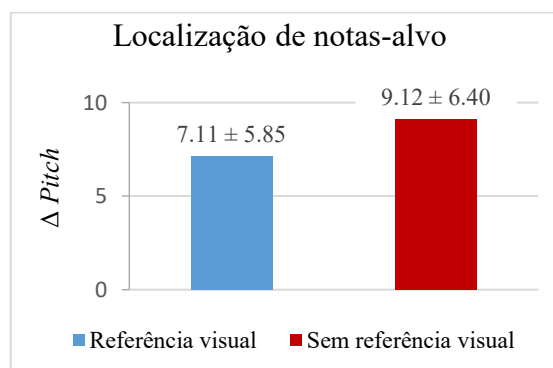
performance com a técnica não preferida ($9.96 \pm 7.21 \text{ Hz}$). O teste de *Wilcoxon* não encontrou diferença significativa ($Z [N=20] = -0.80$, $p = 0.20$, $r = -0.33$) no índice de *Pitch* entre a performance com a técnica preferida e a não preferida. A dimensão do efeito foi pequena.

Gráfico 13: Média e desvio padrão do índice de *Pitch*, medido através do erro absoluto (*Hz*), durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à localização de notas-alvo.



A análise descritiva do grau de mudança entre as medidas de desempenho (GRÁFICO 14) mostrou menor grau de mudança no ΔPitch da preferência pelo uso de referência visual (7.11 ± 5.85) para a não preferência pelo uso de referência visual do que ao contrário (9.12 ± 6.40). A mudança ocorreu no sentido de aumento dessa medida. O teste *Mann-Whitney* não encontrou diferença significativa ($Z [N=20] = 24$, $p = 0.21$, $r = -0.38$) no ΔPitch entre a preferência e a não preferência pelo uso de referência visual. O tamanho do efeito foi pequeno.

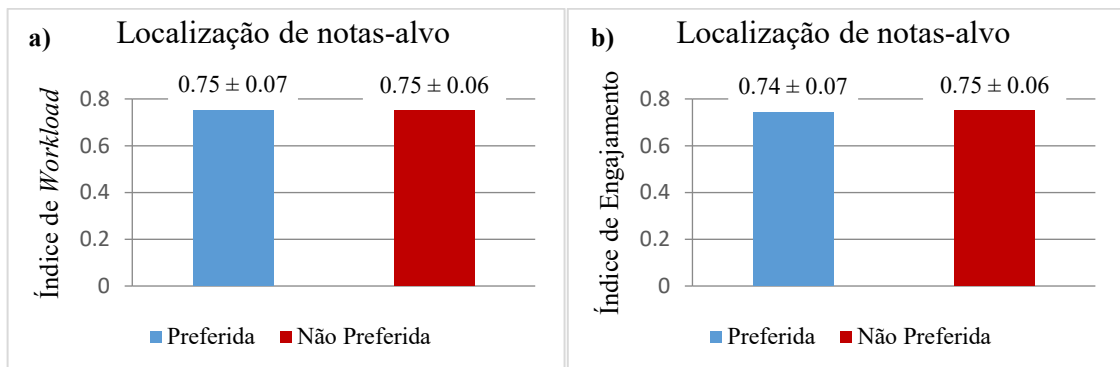
Gráfico 14: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo ΔPitch do excerto referente à localização de notas-alvo.



A análise descritiva das medidas cognitivas (GRÁFICO 15) apresentou equiparidade no índice de *Workload*. A performance com a técnica preferida apresentou menor índice de

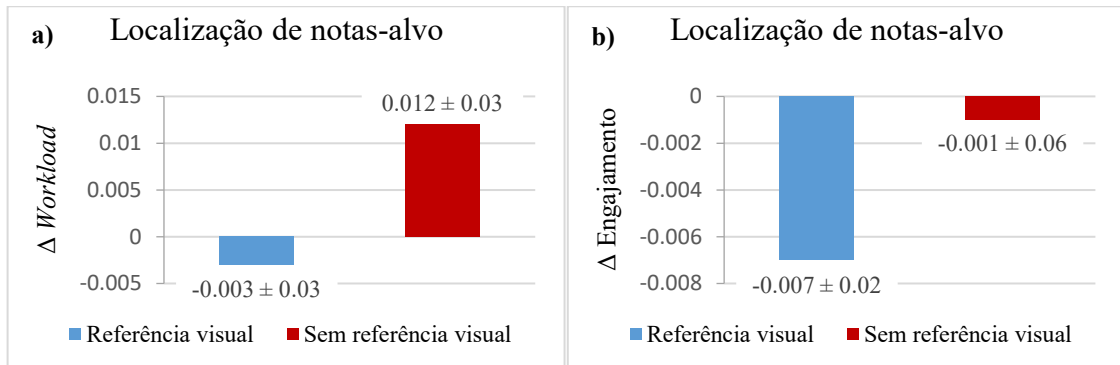
Engajamento (0.74 ± 0.07) quando comparada à performance com a técnica não preferida (0.75 ± 0.06). O teste de *Wilcoxon* não encontrou diferença significativa entre a performance com a técnica preferida e a não preferida, tanto para o índice de *Workload* ($Z [N=17] = -0.67, p = 0.52, r = -0.19$) quanto para o índice de Engajamento ($Z [N=20] = -0.76, p = 0.46, r = -0.20$). Ambas as medidas apresentaram tamanho do efeito pequeno.

Gráfico 15: Média e desvio padrão do (a) índice de *Workload* e do (b) índice de Engajamento despendidos durante a performance com as técnicas preferida e não preferida do excerto referente à localização de notas-alvo.



A análise descritiva do grau de mudança entre as medidas cognitivas (GRÁFICO 16) mostrou menor grau de mudança no Δ *Workload* da utilização de referência visual (-0.003 ± 0.03) para a não utilização de referência visual do que no sentido contrário 0.012 ± 0.03). Para o Δ Engajamento, foi encontrado menor grau de mudança da utilização de referência visual (-0.007 ± 0.02) para a não utilização de referência visual do que no sentido contrário (-0.001 ± 0.06). Tanto no Δ *Workload* quanto no Δ Engajamento a mudança ocorreu no sentido de aumento dessas medidas. O teste U de *Mann-Whitney* não encontrou diferenças significativas entre o Δ *Workload* ($Z [N=17] = 19, p = 0.37, r = -0.30$) e o Δ Engajamento ($Z [N=17] = 38, p = 0.96, r = -0.02$) do uso de referência visual e do não uso de referência visual. Em ambas as medidas foi encontrado tamanho de efeito pequeno.

Gráfico 16: Média e desvio padrão do grau de mudança medido pelo (a) Δ *Workload* e (b) Δ Engajamento do excerto referente à localização de notas-alvo.



6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo geral investigar o nível de desempenho e de esforço cognitivo gerado na performance de quatro excertos musicais com demandas técnicas distintas no contrabaixo. Os objetivos específicos buscaram: (a) comparar o nível de desempenho dos voluntários entre as técnicas preferida e não preferida utilizadas na performance de cada excerto; (b) analisar o grau de mudança das medidas de desempenho observado entre as técnicas aplicadas em cada excerto; (c) comparar o nível de esforço cognitivo observado entre as técnicas preferida e não preferida utilizadas na performance de cada excerto; (d) analisar o grau de mudança do esforço cognitivo observado entre as técnicas aplicadas em cada excerto.

De maneira geral, os resultados encontrados confirmam parcialmente as hipóteses do estudo, com exceção da H5, refutada totalmente. A performance com a técnica preferida obteve melhor desempenho motor nos excertos referentes a pressão do arco sobre a corda, cruzamento de cordas e alternância rápida entre arco e *pizzicato*. Com relação ao grau de mudança, a performance com o cruzamento de cordas e com alternância rápida entre arco e *pizzicato* apresentou menor Δ *Timing* entre os sujeitos que têm como técnica preferida o manuseio do arco francês. Nas medidas cognitivas, a técnica preferida implicou em menor índice de Engajamento na alternância rápida entre arco e *pizzicato*. Também foi encontrado menor índice de *Workload* na pressão do arco sobre a corda, com significância marginal e tamanho de efeito médio. No grau de mudança das medidas cognitivas a performance com a pressão do arco sobre a corda em *fortissimo*, apresentou menor Δ *Workload* entre os sujeitos que têm como técnica preferida o manuseio do arco alemão e menor Δ Engajamento entre os sujeitos que preferem o manuseio do arco francês, apresentando significância marginal com tamanho de efeito grande em ambas as medidas.

Em algumas medidas não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, porém, apresentaram níveis de significância marginal com tamanhos de efeito médio e grande. Estes resultados sugerem a existência de um efeito que, provavelmente, o valor de significância não foi capaz de reportar. Segundo Espirito Santo e Daniel (2015), o nível de significância é afetado por diferentes características do estudo, sendo a mais determinante o tamanho da amostra. Dessa forma, é mais provável obter um valor de p significativo com amostras grandes do que com amostras pequenas, onde esse valor pode não ser significativo ainda que apresente um tamanho do efeito grande. O tamanho do efeito expressa a magnitude da diferença entre grupos em relação a uma determinada característica. Portanto, se somente o nível de

significância for levando em consideração, o valor dessa magnitude pode se perder. Em suma, é possível existir uma diferença não significativa sem que isso represente a ausência de efeito. (ESPIRITO SANTO; DANIEL, 2015). Levando tudo isso em conta, este estudo considerou relevantes os resultados que apresentaram níveis de significância marginal com tamanhos de efeito médio e grande.

6. 1. Medidas de desempenho

Como hipotetizado, a performance com a técnica preferida apresentou melhor desempenho, exceto na localização de notas-alvo. Um fator determinante para esse resultado é a quantidade de prática acumulada pelos sujeitos em comparação com a técnica não preferida, na qual a maioria deles possuem nenhuma ou pouca experiência. Haja vista que, através da prática as habilidades dos sujeitos são gradualmente adquiridas e fortalecidas para produzir a ação motora desejada (SCHMIDT; WRISBERG, 2010).

A performance com a pressão do arco sobre a corda acarretou em maiores índices de Dinâmica com o modelo de arco preferido. Dessa forma, podemos inferir que a performance com ambos os modelos de arco pode alcançar satisfatoriamente níveis mais fortes de dinâmicas musical. Além disso, acrescentando o fato de que o grau de mudança não apresentou diferença significativa, podemos supor que a suposta vantagem anatômica apresentada pelo arco alemão (MORTON, 1999) não foi suficiente para traduzir-se em melhor desempenho.

Sob o ponto de vista cinesiológico, a posição semipronada do antebraço no manuseio do arco alemão pode de alguma maneira favorecer a transmissão da força para pressionar o arco sobre a corda (HALL, 2011). Por outro lado, é provável que outras ações articulares, como a rotação interna do ombro, podem até certo ponto compensar a desvantagem atribuída ao manuseio do arco francês (posicionamento do antebraço próximo do limite de pronação). Dessa forma, apesar do importante papel desempenhado pela pronação do antebraço, um conjunto de ações complementares e coordenadas de todo o conjunto direito dos membros superiores seria responsável por manter a qualidade da performance com o arco francês tanto quanto com o arco alemão.

A performance do cruzamento de cordas com a técnica preferida acarretou em menores índices de *Timing* (variações rítmicas) comparada com a não preferida. Porém, os sujeitos que preferem o arco francês apresentaram menor grau de mudança do que os sujeitos que preferem o arco alemão. Na prática, isso significa que os sujeitos que preferem o arco francês tiveram mais dificuldade na performance com o modelo não preferido (alemão) do que na direção

contrária. Este resultado reforça a ideia de que a performance do cruzamento de cordas com o arco francês seria beneficiada pelo uso da extensão e flexão do punho e dos dedos para completar o movimento entre cordas, encurtando a amplitude do movimento (BRADETICH, 2009; MORTON, 1999).

Uma vez que essa “vantagem” foi retirada na performance com o arco alemão, os padrões de movimento com o arco entre cordas tiveram que ser reorganizados pelos sujeitos que preferem o arco francês. Para os sujeitos que preferem o arco alemão, houve uma maior transferência na mudança entre as técnicas, pois, não houve a necessidade de mudanças significativas nos padrões de movimento. Embora a performance com o arco francês envolva uma maior quantidade de graus de liberdade, ou seja, apresente mais segmentos corporais para serem controlados, é provável que os sujeitos que preferem o arco alemão não tenham utilizado os referidos movimentos do punho e dos dedos na performance com o arco francês, pelo fato de não possuírem experiência e nem conhecimento suficiente para realizá-los, pois, estes movimentos são adquiridos através de uma grande quantidade de prática pelos sujeitos que o preferem.

A performance da alternância rápida entre arco e *pizzicato* com a técnica preferida apresentou menores índices de *Timing* quando comparada com a técnica não preferida. Entretanto, os sujeitos que preferem o arco francês apresentaram menor grau de mudança do que os sujeitos que preferem o arco alemão. Este resultado demonstra que os sujeitos que preferem o arco francês tiveram mais dificuldade na performance com o modelo não preferido (alemão) do que ao contrário.

Comparando os padrões de movimento da performance com ambos os modelos na alternância entre arco e *pizzicato*, mantendo a forma de agarre do arco, observam-se diferenças na amplitude e na direção dos movimentos do antebraço. Apesar de compartilharem elementos em comum, como os movimentos do ombro, a direção contrária dos movimentos rotacionais do antebraço pode ter dificultado a transferência na troca entre as técnicas. Para realizar o *pizzicato* com o arco francês é necessária a supinação do antebraço para posicionar os dedos indicador sobre a corda a ser articulada, enquanto que com o arco alemão é exigido a pronação. Para reestabelecer o arco sobre a corda os movimentos são contrários para ambos. Estes movimentos rotacionais acontecem em maior amplitude na performance com arco alemão. Conseqüentemente, esse padrão de movimento posiciona a crina mais distante das cordas, dificultando a volta do arco sobre elas.

Outro fator que pode ter dificultado a performance dos sujeitos que preferem o arco francês é o grau e a direção da inclinação do arco durante a realização do *pizzicato*. Na

performance com o arco francês a supinação do antebraço posiciona o arco inclinado, aproximadamente 45° em relação à corda, com a ponta voltada para cima e pouco rotado. Por outro lado, na performance com o arco alemão a pronação do antebraço posiciona o arco inclinado com a ponta voltada para baixo, mais distante da posição inicial sobre as cordas e com rotação maior em relação ao arco francês, dificultando a volta da articulação com o arco.

Levando em conta uma análise qualitativa, a dificuldade da performance com o arco alemão entre os sujeitos que preferem o arco francês fica mais evidente às luzes de uma análise espectrográfica. Na performance com o arco alemão (FIGURA 19B) observa-se maior incidência de ruídos e articulações pouco definidas. Inclusive, foi comum entre estes sujeitos o choque do arco contra o tampo do contrabaixo durante a realização do *pizzicato*.

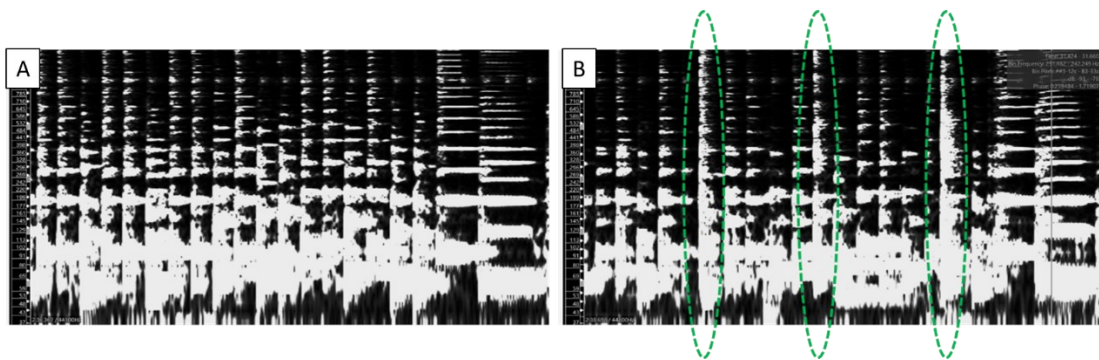


Figura 19: Análise espectrográfica da performance com alternância rápida entre arco e *pizzicato* por um sujeito que prefere o arco francês: (A) com o arco preferido e (B) com o arco alemão. As regiões destacadas em verde indicam a incidência de ruídos causados pelo arco batendo sobre o tampo do contrabaixo, dentro de uma mesma tentativa.

A performance com localização de notas-alvo não apresentou diferenças significativas nas medidas de desempenho. O desequilíbrio entre as amostras foi, provavelmente, o fator que mais dificultou a comparação, mesmo utilizando uma estatística não paramétrica. Contrapondo este resultado, o trabalho de Lage e Borém (2007) apresentou diferença significativa comparando as condições de performance com o uso de referências visuais e sem o uso delas, comprovando a eficácia da sua utilização. Entretanto, todos os sujeitos do referido estudo não conheciam a utilização de nenhum tipo de pista visual no controle da afinação no contrabaixo. A característica da amostra da presente tese é diferente, pois, compara sujeitos que utilizam referências visuais com sujeitos que não as utilizam, sendo que a maioria dos sujeitos preferiam utilizá-las. Fato que pode, em parte, explicar a diferença entre os resultados.

Na composição da amostra, houve grande dificuldade em encontrar sujeitos que não utilizassem as referências visuais. Indicando que grande parte dos contrabaixistas profissionais

de Belo Horizonte e região preferem utilizar as referências visuais. Neste ponto, a influência exercida pela linha de pesquisa do Prof. Dr. Fausto Borém (UFMG) não pode ser descartada, depois de anos de ensino e divulgação desta técnica.

6. 2. Medidas cognitivas

A performance com pressão do arco sobre a corda apresentou menor índice de *Workload* com a técnica preferida. O alto nível de experiência dos sujeitos com a técnica preferida, além de ter promovido um melhor desempenho, possibilitou menor uso da memória de trabalho para monitorar a quantidade de força aplicada ao longo da performance. Por outro lado, o índice de engajamento se equiparou em ambas as técnicas, ou seja, a mudança entre elas não provocou um aumento de demandas atencionais ou de processamento sensorial.

O grau de mudança na performance desse excerto apresentou menor Δ *Workload* entre os sujeitos que preferem o arco alemão e menor Δ Engajamento entre os sujeitos que preferem o arco francês. De maneira geral, as diferentes formas de agarre entre os modelos de arco demandou de alguma forma diferentes níveis de recursos cognitivos entre os sujeitos. Os sujeitos que preferem o arco alemão apresentaram maior demanda de processamento sensorial e recursos atencionais durante a performance com o arco francês. Provavelmente, devido à perda da suposta vantagem proporcionada pelo antebraço semipronado, maior atenção foi necessária para organizar os movimentos responsáveis por manter a pressão do arco sobre as cordas. Diferentemente, os sujeitos que preferem o arco francês apresentaram maior uso da memória de trabalho durante a performance com o arco alemão. As diferentes informações proprioceptivas foram mais contundentes para estes sujeitos, demandando maior integração de informações e raciocínio analítico durante a performance com o modelo de arco não preferido.

A performance com cruzamento de cordas, apesar de apresentar diferenças significativas entre as medidas de desempenho, não demonstrou diferença entre as medidas cognitivas. Provavelmente, o nível de dificuldade desse excerto pode ter exigido uma alta demanda de recursos cognitivos tanto da técnica preferida quanto da não preferida. Em relação à especificidade de cada técnica, as diferenças na organização dos movimentos entre elas parecem não ter influenciado de maneira significativa o uso de recursos cognitivos. Indicando uma maior transferência desses recursos na performance com o modelo de arco não preferido.

A performance com alternância rápida entre arco e *pizzicato* apresentou menor índice de engajamento com a técnica preferida. Como esperado, este resultado aponta para um controle mais automático dos movimentos, com menor demanda de atenção, considerando o nível de

experiência dos sujeitos. Também é provável que a performance da técnica não preferida tenha exigido dos sujeitos maior processamento de recursos proprioceptivos e atencionais na busca por informações visuais que pudessem auxiliar a organização dos movimentos. De outra forma, o índice de *Workload* não apresentou diferença. O alto grau de dificuldade da performance do excerto, envolvendo a coordenação e a alternância dos movimentos entre as técnicas de arco e *pizzicato*, pode ter exigido dos sujeitos uma alta carga de memória de trabalho e integração de informações tanto com a técnica preferida quanto com a não preferida. O grau de mudança não apresentou diferenças significativas. Indicando que os sujeitos que preferem o arco francês e os que preferem o arco alemão tiveram demandas cognitivas semelhantes na performance com o modelo não preferido.

A performance com localização de notas-alvo, além de não apresentar diferenças nas medidas de desempenho, também não apresentou diferenças significativas nas medidas cognitivas. As condições de performance com e sem o uso de referências visuais se diferem, principalmente, na forma de escanear o ambiente. Pois, em ambas as condições o uso da visão está presente, embora represente tipos diferentes de busca visual. Na performance sem o uso das referências visuais, o sujeito precisa manter o foco da visão na leitura da partitura, sem olhar para o espelho do instrumento. Já na condição com referências visuais, além da leitura da partitura, o sujeito precisou dividir o foco da visão na busca pelas referências visuais. Não foram encontradas diferenças tanto na comparação entre a técnica preferida e não preferida quanto no grau de mudança, indicando que essas diferentes formas de escanear o ambiente não foram suficientes para alterar significativamente o engajamento dos sujeitos durante as performances. Contudo, é importante ressaltar que o desequilíbrio entre as amostras pode ter sido contundente para este resultado.

De maneira geral, as medidas cognitivas não apresentaram diferenças como esperado. O tamanho da amostra, o nível de experiência dos sujeitos e o ineditismo dos excertos podem ter contribuído para esse resultado.

Este estudo foi composto por uma amostra de conveniência com as características dos sujeitos definidas a priori. Ela foi formada pelo maior número de contrabaixistas experientes no manuseio dos modelos de arco alemão ou francês e proficientes na leitura de partituras que se dispuseram a participar. A especificidade destas características limitou o número de sujeitos aptos a participar dentro de uma população pequena, mesmo em uma grande metrópole como Belo Horizonte. Portanto, o total de 21 sujeitos participantes, mesmo que seja uma quantidade expressiva dentro desta população, pode não ter sido suficiente para encontrar resultados com diferença significativa em algumas medidas. Levando em conta que é mais provável encontrar

essas diferenças com tamanhos de amostras grandes do que em amostras pequenas (ESPIRITO SANTO; DANIEL, 2015).

O nível de experiência dos sujeitos também pode ter influenciado de alguma forma a pouca diferença encontrada nas medidas cognitivas. Todos os sujeitos deste estudo foram considerados experientes (cerca de 10 anos ou mais de prática). Sabemos que quanto mais experiente for o sujeito maior o refinamento dos processos neurais responsáveis pela sua performance (JAQUESS *et al.*, 2018). Esse fato pode ter representado uma redução da dificuldade funcional das técnicas não preferidas, quando as mesmas apresentaram semelhança nas características do processamento cognitivo exigidas na performance da técnica preferida. Dessa forma, é provável que o nível de experiência dos sujeitos tenha demandado menos dependência de aspectos atencionais e gerado níveis similares de esforço cognitivo durante a performance das técnicas preferida e não preferida.

Por fim, outro fator a ser considerado é o ineditismo dos excertos utilizados. Todos os quatro excertos foram compostos especialmente para este estudo na tentativa de resumir em um curto trecho musical o máximo de informações e contrastes a respeito das técnicas abordadas e garantir que todos os voluntários possuíssem a mesma quantidade de prática sobre eles. A performance de um excerto inédito pode ter gerado uma alta demanda de processamento de recursos sensoriais e memória de trabalho, tanto com a técnica preferida quanto com a não preferida, resultando em pouca diferença nos níveis de esforço cognitivo entre as técnicas.

7. CONCLUSÃO

Diante de diferentes técnicas de performance no contrabaixo e das perspectivas delineadas em torno do esforço cognitivo, o presente estudo investigou o nível de desempenho e de esforço cognitivo gerado na performance de quatro excertos musicais com demandas técnicas distintas. De maneira geral, os resultados permitem a conclusão de que a performance com os modelos de arco francês e alemão apresentam índices distintos de desempenho e de esforço cognitivo. Sob a perspectiva da técnica preferida, ambos os modelos de arco se mostraram equivalentes no desempenho, além de apresentarem menor esforço cognitivo na performance de dois dos três excertos que os comparavam. Este fato demonstra que a eficiência no desempenho pode ser alcançada com ambos os modelos de arco, através da prática. Por outro lado, podemos concluir que de acordo com algumas características específicas de cada arco a performance de determinadas técnicas com o modelo não preferido pode ser favorecida ou dificultada. Indicando que a performance de uma mesma técnica pode apresentar níveis

diferentes de dificuldade nominal entre os modelos de arco. Neste ponto, variações do esforço cognitivo puderam ser observadas em um dos excertos. As comparações envolvendo o uso de referências visuais para o controle da afinação não apresentaram resultados significativos.

Pouco tem sido estudado sobre as demandas do esforço cognitivo geradas durante uma performance musical. Os resultados deste estudo contribuem para o conhecimento acerca dessa relação. No entanto, algumas questões ainda ficaram pendentes, sendo necessária a condução de novos experimentos. Dessa forma, a correlação entre esforço cognitivo e performance musical e as demandas cognitivas resultantes da performance com o uso de referências visuais poderão ser esclarecidos em estudos futuros, onde outras formas de medição, como o *Eye tracker*, poderão ser utilizadas. Além das questões cognitivas, com outro enfoque, o uso de diferentes grupos musculares ou intensidades de força durante a manutenção da pressão do arco sobre a corda com ambos os modelos de arco poderão ser melhor esclarecidos através de exames eletromiográficos.

Por fim, não foi um objetivo deste trabalho apontar se um determinado modelo de arco é melhor do que o outro. Haja vista que os resultados também não o permitem fazê-lo. Entretanto, diferenças importantes entre as performances com cada modelo de arco puderam ser observadas fora das amarras da tradição e das discussões pouco fundamentadas que se perpetuam na comunidade de contrabaixistas.

REFERÊNCIAS

- ADVANCED BRAIN MONITORING. **B-Alert live software user manual**. Carlsbad, CA, 2014, 34 p.
- ADVANCED BRAIN MONITORING. **B-Alert live software user manual**. Carlsbad, CA, 2010, 31 p.
- ADVANCED BRAIN MONITORING. **B-Alert live software user manual**. Carlsbad, CA, 2009, 76 p.
- AGHAJANI, H. *et al.* Measuring mental workload with EEG+fNIRS. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 11, July, 2017. p. 1-20.
- ALVES *et al.* As dimensões da Carga Cognitiva e o Esforço Mental. **Revista Brasileira de Psicologia**, v. 4, Salvador, Bahia, 2017. p. 2-16
- BAUMEISTER, J. *et al.* Cortical activity of skilled performance in a complex sports related motor task. **Arbeitsphysiologie**, v. 104, 2008. p. 625–631.
- BERKA, C., *et al.* EEG correlates of task engagement and mental workload in vigilance, learning and memory tasks. **Aviation Space and Environmental Medicine**, v. 78, 2007. p. B231-B244.
- BICALHO, L. *et al.* Oculomotor behavior and the level of repetition in motor practice: Effects on pupil dilation, eyeblinks and visual scanning. **Human movement science**, v. 64, 3 fev. 2019. p. 142–152.
- BONINI ROCHA, A. *et al.* Observação das evidências cognitivas de aprendizagem motora no desempenho de jovens violonistas monitoradas por EEG: um estudo piloto. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 14, 2009. p. 103–120.
- BORÉM, F. **Um sistema sensório-motor de controle da afinação no contrabaixo: contribuições interdisciplinares do tato e da visão na performance musical**. Tese de pós-doutorado, UFMG, Belo Horizonte, 2011.
- BORÉM, F. Afinação integrada no contrabaixo: desenvolvimento de um sistema sensório-motor baseado na audição, tato e visão *In: Anais do X encontro anual da ANPPOM*. Goiânia, agosto, 1997. p. 53-58.
- BORÉM, F. *et al.* Uma perspectiva interdisciplinar da visão e do tato na afinação de instrumentos não-temperados. *In: S. Albano (Ed.), Performance e interpretação musical: uma prática interdisciplinar*. São Paulo: Musa Editora, 2006. p. 80-101
- BORÉM, F. O repertório orquestral do contrabaixo: questões técnico-musicais na realização de pizzicati, harmônicos, vibrati e referências aos gêneros da música popular. *In: Anais do XVI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Música (ANPPOM)*, Brasília, 2006a. p. 649-657

BRADETICH, J. **Double Bass: The ultimate challenge**. Denton, USA: Music For All To Hear Inc., 2009.

BROWN R. M. *et al.* Expert music performance: cognitive, neural and developmental bases. **Progress in Brain Research**, n. 217, 2015. p. 57-86

BRUN, P. **A New History of the Double Bass**. P. Brun Productions, 2000.

CAIN, B. A review of the mental workload literature. n. 1998, 2007. **Defence Research and Development**, Toronto (Canada), 2007. p. 4-1-4-34.

CANNAM, C. *et al.* Sonic Visualiser: An Open Source Application for Viewing, Analysing, and Annotating Music Audio Files. *In: Proceedings of the ACM Multimedia 2010 International Conference*. Firenze, Italy: 2010.

CARTER, C. E. e GRAHN. J. A. Optimizing Music Learning: Exploring How Blocked and Interleaved Practice Schedules Affect Advanced Performance. **Frontiers in Psychology**, v. 7, Article 1251, Aug. 2016. p. 1-10.

CHENANI, K. T.; MADADIZADEH, F. A Short Review of Subjective Measures in Mental Workload Assessment. **International Journal of Occupational Hygiene**, v. 12, n. 3, set. 2020. p. 272-273

CÔTÉ, J.; BAKER, J.; ABERNETHY, B. (2007). Practice and play in the development of sport expertise. *In: G. Tenenbaum & R. C. Eklund (Eds.), Handbook of sport psychology*, John Wiley & Sons, Inc, 2007. p. 184-202.

DE WAARD, D. *et al.* Effects of listening to music, and of using a handheld and handsfree telephone on cycling behaviour. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 14, n. 6, 2011. p. 626-637

DO AMARAL, Claudia Silva. Analysis of the technical literature for double bass applied to orchestral excerpts. Tese de Doutorado. University of Georgia. 2018

DOURADO, H. A. **O Arco Dos Instrumentos de Cordas**. São Paulo: Irmãos Vitale, 2009.

DREW, L. Comparative Double Bass Fingering Systems. **The International Society of Bassists**, v. 5 n. 2, 1979. p. 480-481

EDWARDS, W. H. **Motor Learn and Control: from theory to practice**. Cengage Learning, 2010.

ERICSSON, K. A., KRAMPE, R. T., & TESCH-RÖMER, C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. **Psychological Review**, v. 100 n. 3, 1993. p. 363-406

ESPIRITO SANTO, Helena; DANIEL, Fernanda. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos: As limitações do $p < 0,05$ na análise de diferenças de médias de dois grupos. **Portuguese Journal of Behavioral and Social Research**, v. 1, 2015. p. 3-16.

GALY, E. *et al.* What is the relationship between mental workload factors and cognitive load types? **International journal of psychophysiology**: official journal of the International Organization of Psychophysiology, v. 83, 18 out. 2011. p. 269–275.

GALY, E. *et al.* Investigation of task performance variations according to task requirements and alertness across the 24-h day in shift workers. **Ergonomics** v. 51 n. 9, 2008. p. 1338–1351.

GABEL, V. *et al.* Auditory psychomotor vigilance testing in older and young adults: a revised threshold setting procedure. **Sleep and Breathing**, v. 23, n. 3, 2019. p. 1021–1025.

GARCÍA-MONGE, A. *et al.* Brain Activity during Different Throwing Games: EEG Exploratory Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, 2020. p. 1-18

GAXIOLA-TIRADO, J. *et al.* Do, Re, Mi, and EEG: An Analysis of Imagined and Performed Musical Settings. *In*: Contreras-Vidal J., Robleto D., Cruz-Garza J., Azorín J., Nam C. (eds) **Mobile Brain-Body Imaging and the Neuroscience of Art**, Innovation and Creativity, v. 10, 16 nov. 2019. p. 167–171.

GENTILI, R. J. *et al.* Brain biomarkers-based assessment of cognitive workload in pilots under various task demands. *In*: **36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC**, 2014, p. 5860–5863

GUETTLER, K. **A Guide to Advanced Modern Double Bass Technique**. Manchester, UK: York Edition, 1992.

GREEN, B. **The Way they Play**. *In*: S. A. H. Roth (Ed.): Paganiniana, 1980.

GREEN, B. String Bassists Disagree. **American String Teacher**, v. 23 n. 2, 1973. p. 34–38.

GRODNER, M. (1965). French Bow vs German Bow. **American String Teacher**, v. 15 n. 3, 1965. p. 1–19.

HALL, Susan. **Biomecânica básica**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

HYDE, K. L. *et al.* The Effects of Musical Training on Structural Brain Development. A Longitudinal Study. **The Neurosciences and Music III: Disorders and Plasticity**. Ann. N.Y. New York Academy of Sciences, 2009.

JASPER, H. H. The ten-twenty electrode system of the International Federation. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, v. 10, 1958. p. 370-375.

JAQUESS, K. J. *et al.* Changes in Mental Workload and Motor Performance Throughout Multiple Practice Sessions Under Various Levels of Task Difficulty. **Neuroscience**, v. 393, nov. 2018. p. 305–318.

KARTALI, A. *et al.* Real-time mental workload estimation using eeg. *In: Human Mental Workload: Models and Applications*; Longo, L., Leva, M.C., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2019. p. 20–34

KJELLAND, J. **Orchestral Bowing**: Style and Function. Alfred Pub., 2005.

LAGE, G. M. *et al.* Visual and Tactile Information in the Double-Bass Intonation Control. **Motor Control**: Pennsylvania State University. 2007. p. 151-165.

LAGE, G. M. *et al.* Aprendizagem motora na performance musical: reflexões sobre conceitos e aplicabilidade. **Revista Per Musi**. Belo Horizonte, v. 5/6, 2002, p. 14-37.

LEE, T. *et al.* Cognitive effort and motor learning. **Quest**, v. 46, 1994. p. 328-344.

LELIS-TORRES, N. **Estrutura de prática e esforço cognitivo**: um estudo eletroencefalográfico. Dissertação de mestrado. Escola de educação física, fisioterapia e terapia ocupacional UFMG, Belo Horizonte, 2017.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios?** Conceitos fundamentais e neurociência. 2.ed. Rio de Janeiro, Atheneu, 2010.

LENT, R. Neurociência da mente e do comportamento 2008

LOBO, A. S.; VEGA, E. H. T. **Educação motora infantil**: orientações a partir das teorias construtivista, psicomotricista e desenvolvimentista motora - zero a seis anos. Caxias do Sul: EDUCS, 2010.

LOPES, L. Agarres e manuseio dos modelos de arco alemão e francês no contrabaixo: descrição e análise cinesiológica. *In: Anais do II Colóquio de Pesquisa em Música da UFOP*. Ouro Preto/MG, 2019. p. 298-310.

LOPES, L. O dedilhado no contrabaixo: descrição e análise cinesiológica. *In: Anais do XXVI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música – B*. Horizonte, 2016.

LOPES, L. **Movimentos básicos na performance do contrabaixo**: descrição e análise cinesiológica. Dissertação de mestrado. Escola de Música da UFMG, Belo Horizonte, 2015.

LOPES, L.; LAGE, G. M. O esforço cognitivo inerente à performance musical: conceitos e aplicabilidade. *In: Diálogos Musicais da Pós-Graduação: Práticas de Performance Musical n. 2*. Org. e ed. de Fausto Borém e Luciana Monteiro de Castro Silva Dutra. Belo Horizonte: UFMG, Selo Minas de Som, 2017. p. 315-328.

LOPES, L. *et al.* Delineamento de 4 excertos com situações de esforço cognitivo distintas da performance no contrabaixo acústico. *In: Diálogos Musicais da Pós-Graduação: Práticas de Performance Musical n. 5*. Org. e ed. de Fausto Borém e Eduardo Campolina. Belo Horizonte: UFMG, Selo Minas de Som, 2020. p. 210-226.

MACHADO, A. B. M. **Neuroanatomia Funcional**. 3 ed. São Paulo: Atheneu, 2014.

MAGILL, R. A.; ANDERSON, D. **Motor Learning and Control: Concepts and Applications**. McGraw-Hill Education, 2016.

MÉLAN, C. *et al.* Mnemonic processing in air traffic controllers: effects of task parameters and work organization. **The International Journal of Aviation Psychology** v. 17 n. 4, 2007. p. 391–409.

MEHTA, R. K.; AGNEW, M. J. Influence of mental workload on muscle endurance, fatigue, and recovery during intermittent static work. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 8, 2012. p. 2891–2902

MILLER, S. Literature Review Workload measures. **The University of Iowa**, n. August, 2001. p. 1–65.

MILLET, B. *et al.* The impact of music on vehicular performance: A meta-analysis. Transportation Research Part F: **Traffic Psychology and Behaviour**, v. 60, 2019. p. 743-760.

MORTON, M. A. **Dr. Morton's double bass technique: concepts and ideas**. Ilustrada ed. Columbus, USA: Basso Profondo Publications, 1991.

MUSZKAT, M. Música, neurociência e desenvolvimento humano. *In: JORDÃO, G. et al. A Música na Escola*. São Paulo: Allucci e Associados Comunicações, 2012. p. 67-69.

NAKAMURA, P. M. *et al.* Effects of preferred and nonpreferred music on continuous cycling exercise performance. **Perceptual and Motor Skills**, v. 110, n. 1, 2010. p. 257-264.

PARK, J. L. *et al.* Making the case for mobile cognition: EEG and sports performance. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 52, 2015. p. 117-130.

PAXION, J. *et al.* Mental workload and driving. **Frontiers in Psychology**, v. 5, Article 1344, 2014. p. 425-441.

PERTZBORN, F. Motor control and learning: The basics of skilled instrumental performance. **International Symposium on Performance Science**, 2007. p. 115-120

RABBATH, F. **Nouvelle technique de la contrebasse, méthode complète et progressive em trois cahiers**, v. 1 Paris: Alphonse Leduc, 1977.

RAY, S. Por quê um performer deve pesquisar Cognição Musical? *In: Anais do Terceiro Simpósio de Cognição e Artes Musicais*. Salvador: UFBA/ABCM, 2007. p. 88-95

RECARTE, M. A.; NUNES, L. M. Mental workload while driving: Effects on visual search, discrimination, and decision making. **Journal of Experimental Psychology: Applied**, v. 9 n. 2, 2003. p. 119–137.

ROBINSON, P. Double Bass and Electric Bass Guitar: The Twain Shall Meet. **American String Teacher**, v. 40, n. 4, 1990. p. 86-90.

RUPP, G. *et al.* EEG-Based Neurocognitive Metrics May Predict Simulated and On-Road Driving Performance in Older Drivers. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 12, 2019. p. 532, 2019.

SALLES, M. **Arcadas e golpes de arco**. ed. 2, Brasília: Thesaurus, 2004.

SLOBODA, J. A. **A Mente Musical: a psicologia cognitiva da música**. Tradução Beatriz Ilari e Rodolfo Ilari. Londrina: EDUEL, 2008.

SHARPLES, S.; MEGAW, T. Definition and Measurement of Human Workload Evaluation of Human Work. *In*: J. R. Wilson and S. Sharples (Eds.). **Evaluation of Human Work**, Boca Raton: CRC Press, 2015. p. 515-548.

SCHMIDT, R. A. *et al.* **Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis**. ed. 6 Human Kinetics, 2019.

SCHMIDT, R.; WRISBERG, C. **Aprendizagem e performance motora: uma abordagem da aprendizagem baseada no problema**. ed. 2 Artmed, 2010.

SMIT, A. S. *et al.* Mental and physical effort affect vigilance differently. **International Journal of Psychophysiology** v. 57, 2005. p. 211–217.

STARR, W.; SUZUKI, S. **The Suzuki violinist: A Guide for Teachers and Parents**. Introduction by Shinichi Suzuki. Knoxville, TN: Kingston Ellis Press, 1976.

STEVENS, R. *et al.* Allocation of Time, EEG-Engagement and EEG-Workload Resources as Scientific Problem-Solving Skills Are Acquired in the Classroom. **Augmented Cognition: Past, Present & Future**. D. Schmorow, K. Stanney and L. Reeves. Arlington, VA, Strategic Analysis, Inc. 2007.

TAO, D. *et al.* A Systematic Review of Physiological Measures of Mental Workload. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 15, jul. 2019.

TEIXEIRA, L. A. **Controle Motor**. Ed. Manole. 2006.

ÜNAL, A. B. *et al.* The influence of music on mental effort and driving performance. **Accident Analysis & Prevention**, v. 48, 1 set. 2012. p. 271–278.

VANVENCKENRAY, J, *et al.* Relearning Movements: Modification of an Incorrectly Timed Reversal Movement. **Perceptual and Motor Skills**, v. 89, n. 1, 1999, p. 195-203.

WARREN, J. How does the brain process music? **Clinical medicine**. London, England, v. 8, 1 mar. 2008. p. 32–36.

WICKENS, C. Situation Awareness and Workload in Aviation. **Current Directions in Psychological Science**, v. 11, 2002. p. 128–133.

WICKENS, C. Effort in Human Factors Performance and Decision Making. **Human factors**, v. 56, 2014. p. 1329–1336.

WILSON G. F. An Analysis of Mental Workload in Pilots During Flight Using Multiple Psychophysiological Measures, **The International Journal of Aviation Psychology**, v. 12 n. 1, 2002. p. 3-18.

ZATORRE, R. *et al.* When the brain plays music: Auditory-motor interactions in music perception and production. **Nature reviews - Neuroscience**, v. 8, 1 ago. 2007. p. 547–558.

APÊNDICE A - PROGRAMA DO RECITAL

Leonardo Lopes - Contrabaixo

Ana Lin - Piano

PROGRAMA

Xavier Foley (1994)

Etude No. 11 “The Singer”

Fausto Borém (1960)

Wave Variations for Double Bass Alone

Alan Ridout (1934-1996)

Little Sad Sound – a melodrama for double bass and narrator

Ernst Mahle (1929)

Sonata (2021) para contrabaixo e piano
I. Moderato
II. Grave
III. Allegro moderato

Franz Schubert (1797-1828)

Arpeggione Sonata, D 821
I. Allegro moderato
II. Adagio
III. Allegretto

Data: 19/12/2022

Horário: 10h

Local: Conservatório UFMG (Av. Afonso Pena, 1534 – Centro, Belo Horizonte - MG)

NOTAS DO PROGRAMA

Xavier Foley (1994) é um jovem contrabaixista e compositor americano que vem colecionando premiações e elogios da crítica internacional. Estudou composição e performance com os consagrados contrabaixistas Edgar Meyer e Hal Robinson. O *Etude No. 11 “The Singer”* faz parte de uma série de 12 estudos para contrabaixo solo, independentes, cada um com temas e características diferentes. No Estudo No. 11, em forma rondó, Foley utiliza um tema principal, seguido de mais dois secundários, para fazer referência ao estilo de canto do *Rhythm and Blues* (subgênero da música negra americana com influências do *Soul*, do *Funk* e do *Hip-Hop*).

Fausto Borém (1960) é Professor Titular da Escola de Música da UFMG e uma das principais referências brasileiras no contrabaixo acústico. Solista, pesquisador, compositor e arranjador premiado diversas vezes no Brasil e no exterior, apresenta um vasto repertório de composições e arranjos *crossovers* para contrabaixo. Seguindo uma linha composicional voltada para a música brasileira, *Wave Variations for Double Bass Alone* foi inspirada na canção “*Wave*” do músico Antônio Carlos (Tom) Jobim. A peça é composta por uma diversidade de técnicas de performance no contrabaixo, tanto tradicionais quanto estendidas. Entre elas encontra-se a realização de sons percussivos e a condução de linhas melódicas a duas vozes. Essas técnicas são utilizadas como ferramenta para fazer referência ao canto e à instrumentos característicos da Bossa Nova, como: violão, contrabaixo elétrico, tamborim, surdo, cuíca e agogô.

Alan Ridout (1934-1996) foi um compositor e professor britânico que possui um extenso trabalho, incluindo música sacra, orquestral e de câmara. A maioria das suas obras apresenta uma linguagem tonal. *Little Sad Sound – a melodrama for double bass and narrator*, como o próprio subtítulo sugere, foi composta para contrabaixo solo e um narrador. A peça narra uma história infantil de um “Sonzinho” perdido e de outros sons que ao sentirem a sua falta decidem procurá-lo. O contrabaixo complementa a ambientação da história utilizando melodias e efeitos sonoros para ilustrar a dramaticidade do texto. No presente recital, a parte do narrador foi realizada pelo próprio contrabaixista.

Ernst Mahle (1929) nasceu na Alemanha e mudou-se para o Brasil em 1951. Desde então tem contribuído para o desenvolvimento da música como compositor, maestro e professor. Suas composições englobam uma grande variedade de instrumentos, com uma linguagem moderna,

incorporando padrões estruturais tradicionais e o uso de elementos da música popular e folclórica brasileira. A *Sonata (2021) para contrabaixo e piano* foi escrita por Mahle em memória ao contrabaixista brasileiro Antônio Arzolla, falecido em janeiro de 2021, e dedicada a seu professor de contrabaixo na Universidade Federal do Rio de Janeiro, Sandrino Santoro. A sonata foi composta em três movimentos, utilizando-se de escalas modais e pentatônicas em diferentes formas.

Franz Schubert (1797-1828) foi um compositor austríaco do fim do classicismo. Seu estilo lírico e melódico marcou a passagem do estilo clássico para o romântico. A *Arpeggione Sonata* foi escrita originalmente por Schubert para um instrumento musical chamado “*arpeggione*”, inventado em Viena, no século XIX. Entretanto, diante do crescente desuso e da falta de interesse por este instrumento, a sonata foi publicada somente depois de arranjada para violoncelo, em 1871. Atualmente, essa sonata também é tocada em transcrições para viola e para contrabaixo. Para este último, representa uma performance bastante desafiadora no aspecto técnico-interpretativo. A sonata é composta por três movimentos que alternam momentos de melancolia e alegria. O lirismo das suas melodias se assemelha ao estilo das canções escritas pelo compositor.