

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PEDRO HENRIQUE LUDWIG

**A PLATAFORMA MAKEMUSIC CLOUD® NA PRÁTICA DELIBERADA DA
AFINAÇÃO NO VIOLONCELO: ESTUDOS COM CROMATISMO, ATONALISMO,
CORDAS DUPLAS E AUSÊNCIA DE CORDAS SOLTAS**

Belo Horizonte

2023

PEDRO HENRIQUE LUDWIG

**A PLATAFORMA MAKEMUSIC CLOUD® NA PRÁTICA DELIBERADA DA
AFINAÇÃO NO VIOLONCELO: ESTUDOS COM CROMATISMO, ATONALISMO,
CORDAS DUPLAS E AUSÊNCIA DE CORDAS SOLTAS**

Tese apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de doutor pelo Programa de
Pós-Graduação em Música da Escola de
Música da Universidade Federal de Minas
Gerais – UFMG.

Linha de pesquisa: Performance Musical

Orientador: Prof. Dr. Fausto Borém

Belo Horizonte

2023

L948p Ludwig, Pedro Henrique.

A plataforma makemusic cloud na prática deliberada da afinação no violoncelo [manuscrito] : estudos com cromatismo, atonalismo, cordas duplas e ausência de cordas soltas / Pedro Henrique Ludwig. - 2023. 118 f. : il.

Orientador: Fausto Borém de Oliveira.

Linha de pesquisa: Performance musical.

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

Inclui bibliografia.

1. Música - Teses. 2. Violoncelo. 3. Afinação - Música. 4. Performance musical. I. Oliveira, Fausto Borém de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Música. III. 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 **Pedro Henrique Ludwig**, em 06 de dezembro de 2023, e aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:

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

Profa. Dra. Liu Man Ying
Universidade Federal do Ceará

Profa. Dra. Raquel Almeida Rohr de Oliveira Isidoro
Universidade Federal de Juiz de Fora

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

Profa. Dra. Elise Barbara Pittenger
Universidade Federal de Minas Gerais

Profa. Ângela Maria Ferrari
Universidade Federal de Santa Maria



Documento assinado eletronicamente por **Fausto Borem de Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 06/12/2023, às 20:53, 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 **Edson Queiroz de Andrade, Professor do Magistério Superior**, em 06/12/2023, às 23:08, 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 **Ângela Maria Ferrari, Usuária Externa**, em 07/12/2023, às 10:52, 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 **Raquel Almeida Rohr de Oliveira Isidoro, Usuária Externa**, em 08/12/2023, às 16:11, 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 **Elise Barbara Pittenger, Professora do Magistério Superior**, em 09/12/2023, às 22:50, 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 **Liu Man Ying, Usuário Externo**, em 13/12/2023, às 13:01, 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 **2823788** e o código CRC **A432EE8F**.

Para minha mãe, Maria Beatriz (Bea).

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maria Beatriz e Henrique, pelo apoio incondicional desde o início.

À Vanessa, Malu e Clara pela paciência e carinho.

À Rose, Mario e meus irmãos Marcos e Fábio pela ajuda nos momentos em que eu não pude estar presente.

A todos os meus professores pela inspiração.

A todos os meus alunos pela motivação.

A todos os colegas músicos e professores que de alguma forma contribuíram para este trabalho com suas sugestões, revisões ou conversas, em especial ao Tiago Elwanger, Abel Moraes, Leonardo Lopes, Gilvano Dalagna, Clarissa Foletto, Arthur Bergold, Vânia Malagutti, Rael Toffolo, Marcus Bittencourt, Paulo Egídio Lückman, Beto Vianna e Nicole Penteadó.

À Universidade Estadual de Maringá, instituição que me acolheu há 11 anos e na qual eu tenho o privilégio de poder trabalhar, em especial aos colegas do Departamento de Música e Artes Cênicas, que cobriram as minhas ausências durante o afastamento parcial para cursar este doutorado.

À Escola de Música da UFMG, seus professores e funcionários, em especial ao meu orientador, Fausto Borém, por toda a paciência e tempo disponibilizados, contribuindo diretamente para a realização deste trabalho.

Ao Saulo Denchuski, pelo valioso auxílio na gravação do vídeo para o recital de defesa.

Aos membros das bancas de qualificação e defesa, Elise Pittenger, Raquel Rohr, Liu Ying, Edson Queiroz de Andrade e Ângela Ferrari pela atenção disponibilizada.

A todos que fizeram parte desta trajetória e de seu modo particular contribuiu para essa conquista.

RESUMO

Para alcançar a expertise em performance musical, são necessárias muitas horas de prática. A utilização de novas tecnologias no desenvolvimento de habilidades técnicas e artísticas tem potencial para dar mais autonomia e otimizar o tempo dos estudantes e professores, tornando a aprendizagem mais eficiente. Assim, a plataforma online MakeMusic Cloud® oferece diversos recursos para auxiliar a aprendizagem da performance musical, especialmente (1) a realização de acompanhamento para um vasto repertório de peças e métodos, (2) o fornecimento de feedback concomitante com relação à afinação e ao ritmo e (3) um editor de partituras que oferece a alunos e professores a possibilidade de criar seus próprios exercícios. A afinação é uma das habilidades mais importantes na performance dos instrumentos de cordas friccionadas. Evidências relevantes sobre este tema, do ponto de vista da acústica, psicoacústica, cognição e educação musical, somadas a conceitos da área da aprendizagem motora, formam o quadro teórico deste trabalho. Esta tese, de abordagem criativa e de avaliação qualitativa, propõe uma investigação da prática deliberada com o MakeMusic Cloud® no aprimoramento da afinação no repertório de nível intermediário e avançado para violoncelo. Para isto, foram criados exercícios para a prática de trechos de difícil afinação em obras de Bach, Brahms, Saint-Saëns, Popper, Kabalevsky e Crumb, com as seguintes características: (1) ausência de cordas soltas, (2) cordas duplas, (3) cromatismo e (4) atonalismo.

Palavras-chave: afinação no violoncelo; plataforma MakeMusic Cloud; prática deliberada no violoncelo; afinação não temperada nas cordas orquestrais.

Declaração de Conflito de Interesses

O autor declara que a pesquisa foi conduzida sob ausência de quaisquer relações comerciais ou financeiras que pudessem ser interpretadas como um potencial conflito de interesses.

ABSTRACT

In order to achieve expertise in music performance, many hours of practice are necessary. The use of new technologies in the development of technical and artistic skills has the potential to give more autonomy and optimize the time of students and teachers, making learning more efficient. Thus, the MakeMusic Cloud® online platform offers several resources to aid the learning of musical performance, especially (1) the realization of accompaniment for a vast repertoire of pieces and methods, (2) concomitant feedback regarding tuning and rhythm, and (3) a music score editor that offers students and teachers the possibility to create their own exercises. Intonation is one of the most important skills in the performance of bowed string instruments. Relevant evidence on this topic, from the point of view of acoustics, psychoacoustics, cognition and music education- in addition to concepts from the area of motor learning- form the theoretical framework of this work. This thesis, with a creative approach and qualitative evaluation, proposes an investigation of deliberate practice using MakeMusic Cloud® for the improvement of intonation in the intermediate and advanced level repertoire on the cello. For this, exercises were created for the practice of excerpts of difficult intonation in works by Bach, Brahms, Saint-Saëns, Popper, Kabalevsky and Crumb with the following characteristics: (1) absence of open strings, (2) double stops, (3) chromaticism, and (4) atonality.

Keywords: intonation on the cello; MakeMusic Cloud platform; deliberate practice on the cello; non-tempered tuning of orchestral strings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo da avaliação com código de cores gerada pela plataforma MakeMusic Cloud®	23
Figura 2 – Exemplos de exercícios disponíveis na plataforma MakeMusic Cloud®.....	26
Figura 3 – Representação da onda de um som complexo constituído por três parciais senoidais: primeiro, segundo e terceiro harmônicos.....	34
Figura 4 – Série harmônica do Dó ₁	35
Figura 5 – Captura de tela do aplicativo para smartphone Soundcorset	39
Figura 6 - Modelo da relação Desenvolvimento Musical x Manipulação da Altura de Morrison e Fyk	64
Figura 7 – captura de tela do aplicativo <i>Drone Tone</i> para <i>smartphones</i>	65
Figura 8 – Notas pedal de acompanhamento tônica-subdominante-dominante criado no MakeMusic Cloud® para o início do <i>Prelúdio da Suíte IV</i> de J. S. Bach.....	77
Figura 9 – Excerto do terceiro movimento da <i>Sinfonia N° 3</i> de Brahms com indicações dedilhado e cordas	78
Figura 10 – Acompanhamento elaborado para o aperfeiçoamento da afinação do excerto do segundo movimento da <i>Sinfonia N° 3</i> de Brahms	79
Figura 11 – Arranjo do terceiro movimento da <i>Sinfonia N° 3</i> de Brahms para violoncelo e dois pianos, para ser praticado com o MakeMusic Cloud®.....	80
Figura 12 – Exercícios de escalas em sextas com três variações (A, B e C) com acompanhamento de piano para o MakeMusic Cloud®.....	82
Figura 13 – Ferramenta de transposição do MakeMusic Cloud®.....	83
Figura 14 – Exercícios de escalas em terças com três variações (A, B e C).....	83
Figura 15 – Trecho do primeiro movimento do <i>Concerto N° 1 em Sol menor</i> para violoncelo e orquestra de D. Kabalevsky, com uso de registro agudo, cordas duplas em sextas e oitavas e escala cromática.....	84
Figura 16 – Escala cromática em oitavas com acompanhamento para o MakeMusic Cloud® para estudo do <i>Concerto N° 1 em Sol menor</i> , de Kabalevsky.....	85

Figura 17 – Primeiro acompanhamento elaborado para a prática dos compassos 206-213 (<i>Concerto N° 1, I mov.</i> de D. Kabalevsky), com o dobramento de parte das notas do solista	86
Figura 18 – Segundo acompanhamento elaborado para a prática dos compassos 206 a 213 (<i>Concerto N° 1, I mov.</i> de D. Kabalevsky)	87
Figura 19 – Terceiro acompanhamento para a prática dos compassos 206 a 213 (<i>Concerto N° 1, I mov.</i> de D. Kabalevsky)	88
Figura 20 – Análise harmônica dos compassos 19 a 23 do <i>Estudo N° 3 Op. 73</i> de Popper.....	91
Figura 21 – Acompanhamento criado para o MakeMusic Cloud®, para a prática do <i>Estudo N° 3 Op. 73</i> de D. Popper, com indicações de dedilhado e posições	92
Figura 22 – Acompanhamento criado para o MakeMusic Cloud®, para trecho cadencial do segundo movimento do <i>Concerto N° 1</i> para Violoncelo e Orquestra de C. Saint- Saëns.....	93
Figura 23 – Dois exercícios de escala de tons inteiros disponíveis na plataforma MakeMusic Cloud®	95
Figura 24 – Exercício para a prática da afinação de trítonos elaborado para a prática com o MakeMusic Cloud®	95
Figura 25 - Escalas não-diatônicas disponíveis na plataforma MakeMusic Cloud®.....	96
Figura 26 - Exercícios de escala hexatônica elaborados para prática no MakeMusic Cloud®	97
Figura 27 – Exercício de arpejo da tríade aumentada	97
Figura 28 – Análise escalar dos compassos 19 a 33 do primeiro movimento da <i>Sonata para Violoncelo Solo</i> de G. Crumb	98
Figura 29 - Exercício elaborado para a prática dos compassos 19 a 22 do primeiro movimento da <i>Sonata para Violoncelo Solo</i> de G. Crumb.....	99
Figura 30 – Exercício de escala hexatônica em cordas duplas (sextas menores) para prática com o MakeMusic Cloud®.	100
Figura 31 - Exercício elaborado para prática dos compassos 24 a 27 do primeiro movimento da <i>Sonata para Violoncelo Solo</i> de G. Crumb.....	101

Figura 32 – Estudo elaborado a partir da série dodecafônica extraída do <i>Quarteto de Cordas</i> <i>Nº4</i> de B. Bartok	102
Figura 33 – Série dodecafônica extraída do primeiro movimento da <i>Suíte Lírica</i> de A. Berg	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de contas por assinatura, seus valores em dólar americano e os recursos que cada um contempla	28
Quadro 2 – Razões de intervalos e seus respectivos valores em <i>cents</i> no Sistema Justo de Afinação.....	41
Quadro 3 – Afinação dos intervalos da escala de Dó Maior no Sistema Justo com a quinta do lobo entre as notas Ré e Lá.....	42
Quadro 4 – Intervalos e seus respectivos valores em <i>cents</i> nos sistemas de Igual Temperamento e Justo	43
Quadro 5 – Sistema de Afinação Pitagórico.....	43
Quadro 6 – Comparação entre os sistemas de afinação.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos.....	17
1.1.1	Objetivo geral	17
1.1.2	Objetivos específicos.....	17
1.2	Metodologia.....	17
2	MAKEMUSIC CLOUD®.....	20
2.1	Ferramentas	21
2.2	Catálogo Virtual	24
2.3	Custo.....	27
2.4	Revisão de literatura sobre o MakeMusic Cloud®	28
3	AFINAÇÃO	33
3.1	Altura, frequência e série harmônica.....	33
3.2	Sistemas de afinação.....	36
3.3	Percepção da afinação	46
3.4	Altura e cognição.....	55
3.5	Afinação e aprendizagem	60
4	PRÁTICA DELIBERADA	67
4.1	Performance musical e aprendizagem motora.....	68
4.1.1	<i>Feedback</i> e informação sensorial	69
4.1.2	Atenção e memória.....	70
5	PROPOSTAS DE APLICAÇÃO PARA O ENSINO NOS NÍVEIS INTERMEDIÁRIO E AVANÇADO	74
5.1	Afinação em diferentes sistemas	74
5.2	Aperfeiçoamento da afinação em quatro condições	75
5.2.1	Estudos com ausência de cordas soltas	75
5.2.2	Estudos de cordas duplas.....	81
5.2.3	Estudos com cromatismos	88
5.2.4	Estudos atonais	93
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
	REFERÊNCIAS	108

1 INTRODUÇÃO

A performance musical em seu mais alto nível artístico requer o domínio de diversas habilidades. Tais habilidades podem ser técnicas e específicas – como controle da afinação, do timbre, da intensidade e da articulação do som – ou mais cognitivas e generalizáveis, voltadas a todos os instrumentos musicais e ao canto – como leitura à primeira vista, memorização e concentração. Sloboda (2008, p. 121) denomina “nível de *expert*” aquele em que o músico consegue demonstrar, sem falhas, o domínio de todas essas habilidades, ao mesmo tempo. De acordo com o autor, um músico *expert* não necessita concentrar-se em detalhes técnicos separados. Em vez disso, ele mantém sua atenção em estruturas musicais mais amplas, como fraseado e expressividade (p. 131).

Para atingir o nível de *expert*, um músico precisa se dedicar a muitas horas de prática¹. O acúmulo de tempo de prática, no entanto, não é suficiente. Para se alcançar objetivos de alto nível de performance, também é necessário que esse tempo seja bem utilizado (Ericsson; Krampe; Tesch-Romer, 1993, p. 366; Hallam *et al.*, 2012; Miksza, 2022). O desenvolvimento de competências e habilidades musicais e os processos subjacentes à performance musical têm sido alguns dos principais focos de estudo da Psicologia da Música, desde o final do século XX (Deutsch *et al.*, 2001; Williamon, 2004, cap. 1).

Em artigo de 1993, Ericsson e colaboradores cunharam o conceito de “Prática Deliberada” para caracterizar um tipo de prática com objetivos específicos de desenvolvimento de determinada habilidade (Ericsson; Krampe; Tesch-Romer, 1993). Na busca por repostas a questões relacionadas à performance extraordinária de certos indivíduos, não só na música, mas em diversos campos de habilidades, os autores analisaram os resultados de uma vasta quantidade de pesquisas empíricas. O foco do estudo foram os agentes ambientais e organizacionais que levam à *expertise* e os limites das eventuais características hereditárias ou inatas de pessoas com níveis de performance acima da média. É importante destacar que os autores não negaram a existência da hereditariedade, citando exemplos de características físicas de atletas de alto rendimento, como altura, comprimento de músculos e velocidade da

¹ Em português, é comum utilizar o termo “estudar” para se referir ao ato de realizar sessões de prática com finalidade de aperfeiçoamento técnico e artístico com um instrumento musical. Contudo, no campo da aprendizagem motora, o termo utilizado, neste sentido, é “praticar” (ou o substantivo, “prática”). Por exemplo: “o tempo de prática não é o único fator, contudo; a qualidade da prática também deve ser considerada” (Schmidt; Lee, 2016, p. 228). Para esses casos, será utilizado nesta pesquisa o termo “praticar”, como nesta citação de Figueiredo (2021, p. 26): “dominar a leitura, a técnica e o ritmo é um processo lento que requer muita persistência, não se adquire essas habilidades musicais sem praticar muitas vezes”.

transmissão neural, mas lembraram que até mesmo estes indivíduos apenas alcançam resultados extraordinários através de muita prática organizada.

Embora o ensino coletivo venha se mostrando eficaz na iniciação instrumental – e, em certa medida, melhor do que o individual –, especialmente na motivação para a prática, a instrução individual é necessária para se desenvolver habilidades avançadas da prática musical (Ericsson; Krampe; Tesch-Romer, 1993, p. 367). Até o século XVIII, o acesso à aprendizagem de instrumentos era, geralmente, reservado a integrantes de uma mesma família – em que os mais jovens aprendiam com os mais velhos – ou àqueles que podiam pagar seus “mestres” para conviver com eles diariamente no ofício musical. No entanto, o amplo acesso à educação, preconizado pela Revolução Francesa, moldou a estruturação da formação musical europeia em conservatórios e universidades, trazendo currículos divididos por disciplinas. Dessa forma, os estudantes não mais conviviam com um professor que lhes ensinava desde as questões técnicas de manuseio do instrumento até a composição e estruturação musical, à medida que dúvidas e necessidades surgiam, mas passaram a ter contato com diversos professores com especialidades distintas (Santos, 2011).

Atualmente, escolas e universidades, em geral, podem prover aulas individuais de instrumento apenas uma vez por semana, com duração de uma hora (Miksza, 2022, p. 153), tempo significativamente restrito se considerada toda a gama de habilidades que um estudante necessita desenvolver. Quando a instituição dispõe de pianistas profissionais para acompanhar seus alunos, a quantidade de ensaios é limitada e se concentra na fase final da preparação para recitais ou provas. Dessa forma, a maior parte do tempo de prática com finalidade de aperfeiçoamento técnico e artístico torna-se um trabalho solitário, de estabelecimento de metas de curto prazo, gestão do tempo, reflexão, tomadas de decisão e autoavaliação. Este é um fato que diferencia a prática dos músicos de concerto não só de outras culturas musicais, em que a aprendizagem e a preparação de apresentações são coletivas, mas também da maior parte dos esportes, em que os praticantes treinam em grupo e junto com seus treinadores (Miksza, 2022; Wise; James; Rink, 2017, p. 143).

A expansão da tecnologia na sociedade tem sido uma característica marcante do século XXI, e vem transformando a maneira como as pessoas trabalham, estudam e se comunicam. No caso da música, não é diferente. A tecnologia está presente nos processos de criação, produção, expressão, disseminação, promoção e consumo (Hugill, 2012 *apud* Waddell; Williamon, 2019, p. 1). Um estudo recente (Waddell; Williamon, 2019) investigou, através de um questionário, o uso da tecnologia na aprendizagem musical com foco no ensino individual. Os autores concluíram que, apesar de o modelo “mestre-aprendiz” dar a impressão de criar um ambiente

resistente à inovação tecnológica, os músicos demonstraram atitudes positivas em relação ao seu uso. Porém, a maioria deles utiliza as tecnologias “clássicas” em seus celulares, como metrônomo, afinador e gravadores de áudio e vídeo. De acordo com o texto, o uso de tecnologias tem grande potencial para tornar a prática deliberada mais eficiente através de aprendizagem autorregulada, e ainda recomenda: “pesquisas futuras devem expandir essas descobertas, explorando mais profundamente as razões e os processos pelos quais os músicos escolhem a tecnologia que usam e as maneiras inovadoras pelas quais as incorporam à sua pedagogia”² (Waddell; Williamon, 2019, p. 11, tradução nossa).

A motivação para o presente trabalho emerge de minha própria experiência como músico e professor de violoncelo. Quando eu cursava a fase final do programa de residência em performance musical na Carnegie Mellon University (na cidade de Pittsburgh, EUA), decidido a iniciar a busca por um emprego como violoncelista, passei a me preparar para audições de orquestra. Nesta tradicional forma de recrutar músicos, os candidatos precisam interpretar, geralmente, um trecho de concerto, um movimento das *Suítes para Violoncelo Solo* de Johann Sebastian Bach e uma lista de excertos orquestrais. Esses trechos de obras tradicionais do repertório orquestral demandam algumas das habilidades técnicas e musicais esperadas de um instrumentista em seu mais alto nível.

De tanto estar presentes nestas listas, algumas peças se tornaram “obrigatórias” na rotina de estudos dos músicos que estão em busca de uma colocação nestes conjuntos. Quando estudava o poema sinfônico *Don Juan*, de Richard Strauss, meu companheiro inseparável era o metrônomo. Lembro-me de que quando consegui tocar aqueles arpejos e escalas em altíssima velocidade, em sincronia com o metrônomo, senti-me realizado, confiante de que conseguiria tocar no andamento esperado por uma banca de orquestra. Já quando estudava trechos cuja dificuldade não estava na velocidade das notas, mas na capacidade de tocar *cantabile* notas de difícil afinação, como o *solí* de violoncelos de *La Mer* (Debussy) ou o segundo movimento da *Sinfonia Nº 4*, de Tchaikovsky, com seus cinco bemóis, e em uma só corda, pensava: “como seria bom se tivesse um aparelho como o metrônomo, mas para embasar minha afinação”. Ao contrário da maior parte do repertório que já havia apresentado em recitais, que em algum momento seria ensaiado com um pianista e, assim, eu teria a oportunidade de escutar e corrigir a minha parte dentro do contexto integral da obra, ali eu estava preparando pequenos trechos de grandes obras sinfônicas para tocar sozinho.

² No original: *Future research should expand on these findings by exploring deeper the reasons for and processes by which musicians choose the technology they use and the innovative ways by which they are incorporating them into their pedagogy.*

Um tempo mais tarde, agora na posição de professor de violoncelo da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no interior do Paraná, me vi diante de novos desafios, cujo foco não era mais a minha própria performance, mas a de meus alunos. Então, passei a questionar: qual seria a forma mais eficiente de ajudar estes estudantes a desenvolver um bom senso de afinação? Como auxiliá-los a desenvolver tantas habilidades em tão pouco tempo? A maior parte dos músicos que alcança altos níveis de *expertise* e, conseqüentemente, posições de destaque no cenário profissional, inicia seus estudos de instrumento ainda muito jovem, guardadas as especificidades de cada instrumento (Jørgensen; Hallam, 2016, p. 450).

No caso do violoncelo, não é incomum a iniciação do estudo do instrumento aos 5 anos de idade. No Brasil, isso ainda é um privilégio para pouquíssimas crianças, então, a necessidade de otimizar o tempo de prática daqueles que almejam a profissionalização pode ser ainda maior. No contexto descrito acima, conheci a plataforma de ferramentas para ensino de música MakeMusic Cloud®, que está no mercado desde os anos de 1990. Seu principal recurso é a reprodução de acompanhamento para um vasto catálogo de partituras. O que a difere de um *playback* é o nível de interatividade que oferece ao usuário, visto que com a MakeMusic Cloud® é possível alterar o andamento da música, incluir o metrônomo, selecionar trechos para repetir diversas vezes, entre outros recursos.

Este trabalho busca explorar a utilização da plataforma MakeMusic Cloud® como ferramenta de apoio à prática deliberada de repertório intermediário e avançado para violoncelo. A escolha por estes níveis de performance se deve ao fato de que a maior parte do repertório disponível na plataforma é direcionada à iniciação aos instrumentos musicais (como será visto na Seção 2.2), sendo que sua utilização na educação musical já foi amplamente discutida em trabalhos acadêmicos (Seção 2.4). Portanto, o aproveitamento deste recurso em níveis mais avançados passa pela criação de exercícios, através da função de composição da MakeMusic Cloud® (Seção 3.1 e Capítulo 5).

Além deste Capítulo 1, que apresenta as justificativas para a pesquisa proposta, com seus objetivos e metodologia, completam a estrutura deste trabalho outros cinco capítulos, que abordam os temas chave que formam o quadro teórico desta investigação. O Capítulo 2 apresenta, em detalhes, todas as funcionalidades da MakeMusic Cloud®, além de revisar parte dos trabalhos acadêmicos já desenvolvidos sobre a sua utilização na educação musical. As questões acústicas, perceptivas, cognitivas e pedagógicas da afinação, especialmente nos instrumentos de cordas friccionadas, serão abordadas no Capítulo 3, visto que essa é a principal habilidade que se procura aperfeiçoar com o auxílio da plataforma MakeMusic Cloud®. O Capítulo 4 discute o conceito de Prática Deliberada, já mencionado acima, e aborda questões

concernentes à aprendizagem motora. O Capítulo 5 apresenta alguns exercícios criados, planejados, desenvolvidos, experimentados e consolidados por mim, enquanto pesquisador, para a prática da afinação, em três situações técnicas distintas: 1) ausência de cordas soltas, 2) cordas duplas, 3) cromatismo e 4) atonalismo. Por fim, no Capítulo 6, eu apresento minhas conclusões a respeito dos benefícios e desafios na utilização da MakeMusic Cloud®, bem como sugestões para melhorias futuras.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Investigar a eficiência da plataforma MakeMusic Cloud® como recurso para o aprimoramento de habilidades técnicas e artísticas na execução de repertório de nível intermediário e avançado para violoncelo em quatro condições técnicas: 1) ausência de cordas soltas, 2) cordas duplas 3) presença de cromatismo, e 4) atonalismo.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

1. Reunir informação concernente à aquisição de habilidades técnicas nos seus aspectos cognitivos e pedagógicos;
2. Propor exercícios com a utilização do MakeMusic Cloud® para o aprimoramento de habilidades na execução de repertório intermediário e avançado para violoncelo.

1.2 Metodologia

Para analisar a eficácia do MakeMusic Cloud® como ferramenta para o desenvolvimento de habilidades técnicas e artísticas no “dia a dia” de um violoncelista/professor, foi realizada uma pesquisa qualitativa de observação participante, utilizando-se o método “conduzido pela prática” (do inglês *practice-led research*), no qual, enquanto investigador, documentei a minha própria experiência com a plataforma. Em *Performing Music Research: methods in music education, psychology and performance science*, Williamon e colaboradores (2021) descrevem este tipo de metodologia da seguinte maneira:

Na observação participante, o investigador atua como participante e pesquisador e, portanto, é capaz de abordar uma questão de pesquisa ou ver um fenômeno ou situação a partir de perspectivas "internas" e "externas", simultaneamente [...]. Uma forma de observação participante é a pesquisa conduzida pela prática, envolvendo praticantes-pesquisadores individuais ou colaborações entre compositores, intérpretes, educadores musicais, psicólogos e cientistas da performance. Os tópicos de pesquisa conduzida pela prática podem incluir, por exemplo, compor, aprender, memorizar, ensaiar e performar. A característica crucial da pesquisa conduzida pela prática é o processo de preparação de um produto artístico que está sob escrutínio, embora o produto em si não seja o principal resultado da investigação, como seria o caso da pesquisa artística³ (Williamon *et al.*, 2021, p. 86 e 88, tradução nossa).

A utilização de recursos tecnológicos na educação musical escolar tem sido objeto de atenção crescente em estudos acadêmicos, porém, o mesmo interesse não tem sido demonstrado na busca por compreender como e onde esses recursos são explorados em aulas individuais de instrumento (Ramirez-Melendez; Waddell, 2022; Waddell; Williamon, 2019). A mesma situação pôde ser observada ao revisar especificamente a literatura sobre a utilização do MakeMusic Cloud® (ver Seção 2.4). Nestes casos, o método qualitativo de observação participante é adequado, “[...] especialmente quando existe uma carência de informação apropriada na qual se baseie uma teoria ou hipótese”⁴ (Williamon *et al.*, 2021, p. 90, tradução nossa).

Relato a busca de auxílio para a resolução de desafios técnicos e musicais, identificados a partir da minha experiência como músico e professor, através da utilização da plataforma MakeMusic Cloud®. Para dar suporte teórico aos resultados deste processo, recorro a literaturas de diversos meios, que incluem aquelas de natureza mais prática, registradas em tratados, métodos e artigos para revistas comerciais, além daquelas com maior rigor científico, como artigos, teses, dissertações e obras de referência, não só do campo da Performance Musical, mas também da Psicologia e Cognição Musical, contando, ainda, com evidências do campo da Aprendizagem Motora. O quadro teórico utilizado para a análise dos dados obtidos é o da “Prática Deliberada”, conceito cunhado por Ericsson, Krampe e Tesch- Römer (1993) no consagrado artigo *The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance* e

³ No original: *In participant observation, the investigator acts as both the participant and the researcher and is thus able to address a research question or view a phenomenon or situation from “insider” and “outsider” perspectives simultaneously. One form of participant observation is practice-led research, involving either individual practitioner-researchers or collaborations between composers, performers, music educators, psychologists, and performance scientists. Topics of practice-led research can include, for instance, composing, learning, memorizing, rehearsing, and performing. The crucial feature of practice-led research is that the process of making an artistic product is under scrutiny, although the product itself is not the main output of the research, as would be the case with artistic research.*

⁴ No original: *[...] especially when there is a lack of appropriate information on which to base a theory or hypothesis [...].*

desenvolvido por diversos pesquisadores da Performance Musical, como Barry e Hallam (2002); Clark, Lisboa e Williamon (2014); Hallam *et al.* (2012); Miksza (2022); Papageorgi (2014); Williamon (2004) e Wise, James e Rink (2017).

2 MAKEMUSIC CLOUD®⁵

De acordo com a descrição apresentada pela empresa MakeMusic®, SmartMusic® é

um conjunto de ferramentas *online* para educação musical que promove uma prática eficiente, ajudando músicos a se desenvolver. A SmartMusic® oferece a estudantes e professores o acesso a milhares de peças para orquestra de sopros, cordas e coro, permitindo que alunos pratiquem com um acompanhamento e tenham *feedback* imediato sobre sua performance (MakeMusic, [ca 2019], tradução nossa).

A plataforma *online* MakeMusic Cloud® tem suas origens em um programa de acompanhamento digital para instrumentos de sopro chamado Vivace®, produzido pela empresa norte-americana Coda Music Technology, Inc., lançado em 1994. Além de depender de um *software*, o programa também necessitava da utilização de *hardware* específico: módulo sintetizador, pedal, cabos, microfone e cartuchos com repertório (semelhantes aos de videogames). No final dos anos 1990, os direitos de produção e comercialização do Vivace® foram adquiridos pela MakeMusic®, Inc., a mesma empresa que produz o editor de partituras Finale®. De acordo com Buck (2008, p. 6), “o desenvolvimento contínuo do produto trouxe recursos adicionais para o programa, conduzindo à transição do Vivace® para o SmartMusic®”. Entre estes novos recursos, estão a dispensa de um *hardware* específico para a utilização do programa e a adição da ferramenta de avaliação *Assessment*, que será detalhada mais adiante. Em 2016, a MakeMusic® anunciou o New SmartMusic®, versão atual do programa, no formato de plataforma *online*, que funciona por meio do navegador Google Chrome e que levou à descontinuidade, em 2020, do Classic SmartMusic®, em formato de *software*.

Os requisitos técnicos para a utilização do MakeMusic Cloud® são relativamente simples. A plataforma é compatível com qualquer computador com os sistemas operacionais Microsoft Windows, Mac OS ou Chrome OS, sempre utilizando-se o navegador Google Chrome e *internet* de alta velocidade. Ela também funciona em iPads, mas não em outros *tablets*. Visto que a maior parte dos *notebooks* tem autofalantes pouco potentes, é recomendável a utilização de fones de ouvido ou caixas de som externas.

⁵ Este capítulo é uma reprodução revisada e atualizada do capítulo 4 do livro *Diálogos Musicais na Pós-Graduação: Práticas de Performance N.6* (Ludwig; Borém, 2021), originalmente publicado sob a referência: LUDWIG, Pedro Henrique; BORÉM, Fausto. Plataforma SmartMusic®: revisão de literatura e aplicação no controle da afinação no violoncelo. In: *Diálogos Musicais na Pós-Graduação: Práticas de Performance N.6*. Org. e ed. de Fausto Borém, Luciana Monteiro de Castro e Eduardo Campolina. Belo Horizonte: UFMG, Selo Minas de Som, p. 59-75, 2021.

2.1 Ferramentas

O Acompanhamento Digital é a principal função desta plataforma. Com ele, o instrumentista pode tocar a sua parte da música, enquanto o computador toca o acompanhamento. Diferente dos discos *play-along*, em que o estudante precisa adaptar a sua execução ao andamento da gravação, com o MakeMusic Cloud®, o instrumentista pode determinar o andamento que será utilizado. A versão em *software* do SmartMusic®, que deixou de ser comercializada em 2020, continha a funcionalidade "Acompanhamento Inteligente", a partir da qual o computador podia acompanhar as mudanças de andamento do intérprete em tempo real (Long, 2011, p. 19). Na versão de plataforma *online*, essa funcionalidade não está mais disponível. Outra utilidade importante do acompanhamento digital do MakeMusic Cloud® é a ferramenta “Loop”. Com ela, pode-se selecionar um trecho tecnicamente complexo de uma peça e repeti-lo quantas vezes forem necessárias.

De acordo com a plataforma, “as gravações profissionais de referência proporcionam aos estudantes a sensação de como a sua parte se encaixa [no todo da música], além de serem uma oportunidade de modelar a sua performance de acordo com a de músicos de nível internacional”⁶ (Smartmusic, 2021, tradução nossa). Ao explorar o repertório de cordas friccionadas disponível no MakeMusic Cloud®, pude notar que, embora a maior parte dos acompanhamentos tenha sido gravada a partir de instrumentos acústicos e por músicos reais, uma parte deles utiliza sons no formato MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*)⁷.

Por exemplo, os acompanhamentos do Método Suzuki para violoncelo estão disponíveis no MakeMusic Cloud® em sua versão original (a mesma que é comercializada em CDs pela editora Alfred Music) para os volumes de 1 a 4 e em MIDI para os volumes de 5 a 8. Já em outras peças, especialmente para orquestra de cordas, considero difícil distinguir se o acompanhamento é referente a uma gravação de orquestra ou a um *sampler* digital. Nestes casos, independentemente da origem do som, o instrumentista pode experimentar uma sensação próxima da de praticar com uma orquestra real. A vantagem dos acompanhamentos em MIDI é que o instrumentista pode escolher se quer escutar apenas o acompanhamento (sem a sua parte), todas as partes ou mesmo apenas a sua própria parte da música. Por outro lado, em acompanhamentos gravados em estúdio, só é possível escutar o conjunto completo. Além disso, sons MIDI não têm variações de timbre ao se reduzir o andamento. Já sons gravados apresentam

⁶ No original: *Professional reference recordings provide students with a sense of how their part fits in and an opportunity to model their performances after world-class musicians.*

⁷ A plataforma não explicita, de forma textual, qual o tipo de acompanhamento (gravação ou MIDI), esta constatação parte da minha própria percepção auditiva.

uma pequena variação, especialmente se houver *vibrato*. As alturas dos sons das notas originais são preservadas em ambos os casos, independentemente do andamento.

Durante a prática com o MakeMusic Cloud®, as partituras são sempre reproduzidas na tela do computador, e o usuário pode ampliar ou reduzir a exibição do conteúdo conforme desejado. Em 2020, quando iniciei minha experiência com a Plataforma, havia a opção de fazer *download* de arquivos em formato PDF (Portable Document Format) de uma parte significativa do acervo. Desde 2021, este recurso foi desabilitado para todo o acervo, passando a ser cobrado um valor extra pelo serviço, como será detalhado na seção 2.3 (Custo).

A ferramenta “Compose” é algo que considero particularmente útil, uma vez que os usuários podem criar suas próprias composições, arranjos e exercícios. O editor de música é simples e intuitivo, mas, obviamente, não apresenta todos os recursos que o Finale® possui. Por isso, há a opção de importar arquivos MusicXML⁸ do Finale® ou de qualquer outro *software*. Para o material criado por usuários através desta ferramenta, ainda é possível gerar arquivos em formato PDF para *download* e impressão, sem custo adicional.

Compartilhar sua própria composição ou exercício no MakeMusic Cloud® com estudantes e colegas é bastante simples. Há duas maneiras de fazê-lo: criando um *link* URL (Uniform Resource Locator), que pode ser enviado por e-mail ou através de qualquer tipo de aplicativo de mensagens; e por meio da própria plataforma. Para a primeira opção, a pessoa que recebe o *link* não precisa ter uma conta no MakeMusic Cloud®, no entanto, esse *link* pode ser encaminhado ilimitadamente para outras pessoas, o que pode infringir direitos autorais de compositores. O compartilhamento via plataforma só é possível com usuários que tenham uma conta registrada (paga ou gratuita). O encaminhamento do material por terceiros não é permitido, e a plataforma registra a quantidade de vezes que a peça foi executada.

Testei as duas opções com meus alunos de graduação em Música da UEM, e ambas funcionaram muito bem. Em um projeto piloto, *links* de exercícios foram enviados pelo *WhatsApp*. Clicando neste *link*, a página do MakeMusic Cloud® com os exercícios era automaticamente aberta. Em seus computadores, por meio de questionários aplicados nesse estudo, todos os participantes consideraram a tarefa simples de operar. Uma vez que estavam familiarizados com a Plataforma, foi solicitado que criassem suas próprias contas gratuitas. O compartilhamento de exercícios por meio da Plataforma também não apresentou qualquer

⁸ Arquivos XML (*Extensible Markup Language*) permitem definir e armazenar dados de maneira compartilhável. Sendo assim, um arquivo em formato *MusicXML*, pode ser criado em um software de edição de partituras e aberto em outro. O MakeMusic Cloud® também permite criar este tipo de arquivo, além de importar.

problema aos estudantes.

A ferramenta “Assessment” (Avaliação) provê ao músico um *feedback* instantâneo sobre sua afinação e ritmo. Clicando no ícone de gravação, o computador não apenas reproduz o acompanhamento, mas também grava e avalia o desempenho do músico. Logo após tocar uma nota ou pausa, o programa muda sua cor para **verde**, **vermelho** ou **amarelo**. Assim, **verde** significa que a execução foi correta (afinação e ritmo), **vermelho** significa que a afinação não estava correta e **amarelo** significa que o ritmo não estava correto (ver Figura 1). Após a conclusão da seleção musical, o computador exibe a porcentagem de acerto, e a gravação fica salva em nuvem.

Figura 1 – Exemplo da avaliação com código de cores gerada pela plataforma MakeMusic Cloud®

Fonte: MakeMusic Cloud®.

Para compreender a maneira como a MakeMusic Cloud® elabora a avaliação da afinação, entrei em contato com a empresa através de seu serviço de atendimento ao cliente, questionando se havia algum valor em *cents*⁹ de desvio das notas a partir do qual a Plataforma considera desafinado. A mensagem não foi respondida, então realizei um teste, criando um exercício que continha apenas a nota Lá₂ (primeira corda solta do violoncelo). Com o auxílio de um afinador eletrônico, baixei a frequência da corda Lá de 10 em 10 *cents*, até que a avaliação acusasse o erro. Somente com -70 *cents* a plataforma passou a acusar o erro de afinação, sinalizando-o por meio da cabeça da nota, que então aparecia em vermelho. Repeti o mesmo

⁹ O *cent* é uma unidade de medida utilizada para avaliar a afinação de um som, tendo como referência o sistema de Igual Temperamento. Um *cent* corresponde a um centésimo de um semitom. Para maiores detalhes, ver Seção 3.2. (Sistemas de Afinação).

procedimento no sentido oposto, subindo a afinação, e o resultado foi o mesmo, somente a partir de +70 cents foi que a plataforma acusou o erro de afinação. Tal diferença de altura (pouco mais de um quarto de tom) é evidente até mesmo para pessoas sem treinamento musical (ver Seção 3.3), o que torna este recurso pouco útil para o aperfeiçoamento da afinação, sendo válido apenas para identificar notas erradas. Para uma investigação mais analítica sobre a eficácia deste recurso, sugiro a leitura das teses de Buck (2008), Long (2011) e Shih (2018).

A ferramenta de leitura à primeira vista “Sight Reading Studio” gera exercícios a partir de configurações determinadas pelo usuário. Com ela, o músico pode escolher o instrumento ou grupo de instrumentos que vai utilizar, o nível de dificuldade (de 1 a 10), fórmulas de compasso, células rítmicas, armaduras de clave, extensão de altura, faixas de andamento (i.e. entre 60 e 100 bpm) e quantidade de compassos (i.e. entre 12 e 16). Nas configurações avançadas, o músico pode, ainda, escolher se quer utilizar mudanças de clave, fórmula de compasso e armadura de clave ao longo do exercício. Uma vez que as configurações são definidas, estas ficam salvas como um modelo (*template*) na aba “content manager”, e o usuário pode acessá-lo sempre que desejar, além de compartilhar com outros colegas ou alunos, individualmente ou em turmas. A cada sessão de treino, a Plataforma gerará novos exercícios, que nunca são repetidos.

Para professores de música, há também algumas ferramentas específicas para acompanhar a prática dos alunos, solicitar e avaliar tarefas e registrar notas: “Practice Analysis for Teachers”, “Units”, “Gradebook for Teachers”, “Class Tools” e “Admin”. Essas ferramentas são especialmente úteis para o ensino coletivo em escolas de ensino fundamental e médio, como ocorre em muitas escolas públicas nos EUA (Estados Unidos da América). Com esses recursos, o professor pode, por exemplo, solicitar uma tarefa, como praticar uma determinada unidade de um método e gravar o áudio na Plataforma, e, assim, escutar estas gravações de seu próprio computador. Além disso, a Plataforma registra o tempo que cada aluno despendeu em cada tarefa solicitada. Tais recursos já existiam antes da pandemia de Covid-19, que suspendeu aulas presenciais ao redor do mundo, em 2020, mas tornaram-se especialmente úteis nesse período, visto que permitem grande interação entre professores e estudantes, de forma remota.

2.2 Catálogo Virtual

De acordo com a ferramenta de busca do catálogo, o MakeMusic Cloud® conta com

9166 títulos¹⁰ de material interativo. A maior parte desta coleção vem de editoras parceiras, como Alfred Publishing, Carl Fischer, Kendor Music, Hal Leonard e Neil A. Kjos Music, além de edições próprias da Makemusic®. O repertório abrange exercícios técnicos, canções populares, música de concerto, religiosa, *jazz*, *rock*, *pop*, trilhas sonoras e musicais, de solos a bandas e orquestras. Na pesquisa por métodos para violoncelo, a ferramenta de busca apresenta 48 títulos, a maioria deles destinada a classes de ensino coletivo de cordas¹¹. O Método Suzuki está disponível para todos os instrumentos de cordas friccionadas. Há também seis títulos para aprender improvisação de *jazz* e *blues*. Todos esses métodos têm algum tipo de *play-along* em sua versão original, encontrada em-CDs e/ou como arquivo em formato mp3 para *download*.

Na categoria “exercícios”, essa plataforma apresenta cinco opções (ver Figura 2): intervalos, escalas, arpejos, ritmos e *twisters* (para agilidade). Estes exercícios são genéricos, no sentido de que não há especificidades técnicas idiomáticas (como golpes de arco, no caso das cordas). Após selecionado o instrumento a ser praticado, a plataforma automaticamente exibe o exercício na clave e extensão adequadas, além de reproduzir sonoramente com o timbre digital daquele instrumento. Entre as escalas, há 127 tipos diferentes, que variam em estrutura (maior, menor natural, harmônica e melódica, cromática, de tons inteiros, pentatônica e octatônica), extensão (de uma a três oitavas), direção e ritmo (de semibreves a semicolcheias). Na seção de arpejos há 64 possibilidades, entre tríades e tétrades, com diferentes figuras rítmicas e padrões, sempre em duas oitavas.

¹⁰ O Catálogo passa por constantes acréscimos de novos títulos, os números aqui apresentados correspondem à consulta realizada em 17 de outubro de 2023.

¹¹ São métodos elaborados de forma que seja possível ensinar, simultaneamente, alunos de todos os instrumentos de cordas friccionadas.

Além do material interativo, há também outros 13.325 títulos sem interatividade. São peças cujas partituras a plataforma disponibiliza apenas para visualização (em grades e partes). A impressão deste material só é permitida para instituições que assinam por contas para diversos usuários (alunos e professores), como será detalhado na próxima seção.

2.3 Custo

De acordo com Kuzmich (1995), o custo de aquisição do Vivace® (*software* e *hardware*) era de US\$ 2.295. Os cartuchos com repertório custavam a partir de US\$ 30 e continham até 15 obras. Em 1998, quando o programa passou a se chamar SmartMusic®, o uso de *hardware* específico e de cartuchos deixou de ser necessário e o *software* passou a ser pago via assinaturas (Nichols, 2014, p. 11).

Atualmente, as assinaturas das contas do MakeMusic Cloud® variam de custo zero a US\$ 59,99 por ano (MakeMusic, [s.d]). Esse valor máximo é referente à assinatura individual *All Access*, que permite o acesso a todos os recursos da plataforma, incluindo o gerenciamento de turmas e o controle de prática dos alunos, mencionados anteriormente neste capítulo. O outro tipo de conta individual, *Sight Reading Studio*, permite acesso apenas à ferramenta de leitura à primeira vista e aos recursos de uma conta gratuita (ver Quadro 1). Para instituições de ensino, o MakeMusic Cloud® oferece um pacote com valores reduzidos (*Bulk Pricing*). Neste caso, o valor para as assinaturas de professor (*Teacher*) passa a ser de US\$ 39,99 e de estudantes (*Student*), US\$ 13,99 por ano. Para isso, deve haver um mínimo de 20 contas, entre professores e alunos (MAKEMUSIC, [s.d]). O usuário também pode ter uma conta gratuita, com acesso a uma pequena amostra do repertório disponível, exercícios (escalas, arpejos, intervalos, ritmos e *twisters*), o Livro 1 do método *Sound Innovations*, nas versões para orquestra de cordas ou de sopros, todas as ferramentas do acompanhamento digital e o editor de música (*compose*). Portanto, mesmo que o usuário não possa pagar por uma assinatura, o MakeMusic Cloud® ainda oferece recursos úteis gratuitamente.

Quadro 1 – Tipos de contas por assinatura, seus valores em dólar americano e os recursos que cada um contempla

	Gestão de Turmas	Leitura à Primeira Vista	Catálogo	Editor de Música	Exercícios (escalas e arpejos)	Praticar exercícios compostos e compartilhados por terceiros
<i>Assinaturas individuais</i>						
<i>Free</i>			amostra	✓	✓	✓
<i>All Access</i> 59,99	✓	✓	completo	✓	✓	✓
<i>Sight Reading Studio</i> 19,99		✓	amostra	✓	✓	✓
<i>Bulk Pricing para instituições de ensino</i>						
<i>Teacher</i> 39,99	✓	✓	completo	✓	✓	✓
<i>Student</i> 13,99		✓	completo	✓	✓	✓
<i>Sight Reading Studio</i> 4,99		✓	amostra	✓	✓	✓

Fonte: Elaboração própria a partir das informações contidas no site da empresa (MakeMusic, [s.d]).

A opção de imprimir partituras está disponível apenas para contas que fazem parte de uma assinatura coletiva para instituições de ensino. Além disso, é necessário pagar um valor adicional de US\$ 15,99/ano por usuário (com um mínimo de 20 contas). Como foi mencionado na seção anterior, a maior parte dos títulos disponíveis no catálogo do MakeMusic Cloud® é proveniente de parcerias com editoras comerciais de partituras e métodos. Para as escolas de ensino fundamental e médio dos Estados Unidos da América (EUA), com suas bandas de sopros e percussão e orquestras de cordas, esta opção ainda é vantajosa, visto que, em vez de comprar todo o material (grade e partes individuais) de cada peça interpretada, a instituição paga este valor extra e tem acesso a um vasto repertório para ser impresso de acordo com suas necessidades.

2.4 Revisão de literatura sobre o MakeMusic Cloud®

O termo “SmartMusic®”¹² apareceu pela primeira vez na *American String Teachers Journal* em 2003, em uma lista de empresas, profissionais e produtos do ramo dos instrumentos

¹² Nesta seção, os nomes do programa que deu origem à plataforma MakeMusic Cloud® (Vivace® e SmartMusic®) são utilizados de acordo com a forma que está publicada nos respectivos textos citados.

de cordas que apoiavam a *ASTA* (*American String Teachers Association*). Nessa nota, foi anunciado o acréscimo de acompanhamentos para cordas no catálogo do *software* SmartMusic® (ASTA, 2003). Entretanto, nenhum artigo específico sobre o uso do MakeMusic Cloud® foi publicado em alguma das duas revistas editadas pela *ASTA*¹³, *American String Teachers Journal* ou *String Research Journal*.

A mesma falta de interesse se verifica na sua ausência em duas revistas comerciais muito populares sobre instrumentos de corda, a *Strings* (EUA) e a *The Strad* (Inglaterra), cujos *sites* não apresentam qualquer resultado para o termo "SmartMusic®", em suas ferramentas de busca. Em uma busca no Google Scholar, por dissertações e teses, sobre o uso do SmartMusic® e de seu antecessor, o Vivace®, foram encontrados 23 trabalhos acadêmicos defendidos entre 1996 e 2019 (10 dissertações de mestrado e 13 teses de doutorado). Desses estudos, apenas um foi desenvolvido no Brasil, a dissertação de Serafim (2014). Os demais foram realizados nos EUA e em Portugal.

Outro dado que vale ressaltar é que somente um desses estudos trata da utilização desse recurso no ensino de instrumentos de cordas friccionadas: a dissertação de mestrado em Educação de Conrad (2008), nos EUA. Em contato via *e-mail* com o repositório da instituição na qual essa pesquisa foi defendida, fui informado que o único exemplar existente do trabalho foi extraviado. A maior parte dos demais trabalhos está focada no ensino de instrumentos de sopro em nível iniciante, com exceção de uma tese de doutorado, na qual o pesquisador estuda o uso de ferramentas tecnológicas no ensino de canto. Este número escasso de publicações sobre o uso do MakeMusic Cloud® por professores de cordas friccionadas é uma evidência de que, apesar de estar disponível há 20 anos para esse grupo de instrumentos, essa ferramenta tecnológica não é tão popular no seu ensino quanto se imaginaria.

A primeira pesquisa acadêmica que investiga o uso do Vivace® foi conduzida por Tseng (1996), nos EUA. Trata-se de um estudo de caso, envolvendo 10 flautistas, em um curso de graduação em Música, ao longo de um semestre. Foram considerados na pesquisa: (1) os efeitos das experiências prévias dos músicos, tanto musicais quanto com o uso de computadores; (2) a incorporação do Vivace® em sua prática; (3) o efeito do Vivace® nos seus estudos; (4) as maneiras como os estudantes incorporaram o Vivace® nos seus estudos; e (5) as reações dos estudantes ao Vivace® como uma ferramenta de prática e aprendizado. A

¹³ *American String Teacher Journal* é uma publicação trimestral com notícias sobre o ensino de cordas, comentários, entrevistas, críticas de livros, partituras e compartilhamento de estratégias de ensino. O *String Research Journal* é um periódico anual de caráter acadêmico, com artigos que trazem resultados de pesquisas realizadas em instituições de ensino superior e que passam pela revisão cega por pares.

metodologia tripartite incluiu observação participante, análise de registros em áudio e vídeo e entrevistas semiestruturadas com os estudantes e com o professor de flauta transversal. Os benefícios da utilização do sistema Vivace foram avaliados através de análises interparticipantes. Os voluntários desse estudo argumentaram que a Vivace® os ajudou a aprender melhor o repertório e agilizou seus processos de preparação para a performance em público. Eles também tiveram uma melhor percepção quanto ao monitoramento da afinação, enquanto praticavam com o acompanhamento do Vivace®. A experiência prévia com o uso de computadores não foi percebida como algo relevante para a utilização do programa. Embora alguns problemas técnicos tenham sido encontrados, as reações ao uso do Vivace® como uma ferramenta pedagógica foram positivas (Flanigan, 2008, p. 47; Tseng, 1996).

Ouren (1997) estudou a interação de oito alunos de oitavo e nono anos do *middle school* (equivalente ao Fundamental II, no Brasil) em uma escola no estado de Minnesota, EUA, que frequentavam aulas coletivas de instrumentos de sopro. O propósito do estudo foi documentar o efeito que o Vivace® tinha nas habilidades instrumentais, na musicalidade e na motivação desses alunos. Os dados foram coletados através de (1) um questionário respondido pelos alunos antes de começar o estudo, (2) entrevistas com os estudantes após o estudo, (3) um questionário respondido pelos pais dos alunos após o estudo e (4) uma avaliação feita por um jurado a partir de gravações realizadas antes e depois do estudo.

Os alunos tiveram uma sessão de prática por semana com o Vivace®, durante seis semanas. Sete dos oito voluntários apresentaram melhora, segundo a avaliação da gravação, após o estudo. Considerando-se a média de todas as notas, houve uma melhora de 17%, sendo ritmo e interpretação/musicalidade os quesitos que apresentaram maior desenvolvimento, seguidos de afinação e articulação. As reações dos alunos e de seus pais foram, em geral, positivas. O autor admite que “as limitações deste estudo incluem o fato de que professores particulares, seu próprio trabalho com os alunos e o aprendizado normal ao longo do tempo possivelmente influenciaram o progresso dos estudantes” (Ouren, 1997 *apud* Flanigan, 2008, p. 48, tradução nossa). Vale ressaltar que, tanto nesse estudo quanto no de Tseng (1996) não houve uma comparação de desempenho entre grupos controle e experimental.

O estudo realizado por Snapp (1997) examinou o uso do Vivace® por professores de música em escolas de nível Fundamental II e Ensino Médio, nos EUA. Para isso, o pesquisador elaborou um questionário que foi respondido por 172 professores de ensino coletivo de instrumentos de sopro e percussão de diversas regiões do país. Os dados sugeriram que o Vivace® era utilizado como uma ferramenta suplementar, principalmente para a preparação dos alunos para competições e audições, e não estava integrado à rotina das aulas. Além disso,

na percepção da maioria dos participantes, havia uma relação entre o uso do Vivace® e o desenvolvimento de habilidades musicais.

Repp (1999) apresenta os resultados de uma pesquisa participante que compara a utilização de três tecnologias diferentes para auxiliar o ensino de canto: (1) páginas da *internet*, (2) o *software* de autoacompanhamento SmartMusic®¹⁴ e (3) análise espectral e eletroglotografia. O pesquisador ministrou aulas de canto durante oito semanas para oito estudantes da University of Illinois at Urbana-Champaign. Os dados foram coletados através de (1) observações do professor/pesquisador, (2) diários de estudo dos alunos e (3) questionários quantitativos. Os voluntários não eram alunos de bacharelado em canto, mas de outros cursos, com experiência musical prévia e familiaridade com o uso de computadores. Ao final da coleta de dados, os alunos se apresentaram em um recital. O uso de páginas da *internet* provou ser eficaz como um reforço visual durante as aulas e uma fonte de informação fora da sala de aula. O SmarMusic® foi eficaz como um substituto para um pianista colaborador e como uma ajuda no processo de aprendizado, tanto nas aulas quanto na prática individual, como na realização de vocalizes e na prática do repertório.

O pesquisador relatou que, sem precisar tocar o acompanhamento ao piano, conseguia prestar maior atenção na performance do aluno. Os alunos não demonstraram dificuldades para lidar com o sistema, porém, utilizavam-no pouco para o estudo individual, visto que só havia uma sala na universidade que contava com o sistema instalado em um computador. A análise espectral e a eletroglotografia foram eficazes para aumentar a motivação dos estudantes, servindo como veículo para apresentar informações factuais sobre a voz e provendo dados objetivos sobre a melhora dos alunos. Porém, serviram pouco ao propósito pedagógico na direção de melhorar a performance vocal dos alunos. Além disso, o tempo gasto com o processo da análise espectral dificultou a preparação dos estudantes para o recital final. O pesquisador concluiu que, devido à influência positiva na motivação dos alunos, o ganho de conhecimento e a facilitação de comunicação nas aulas, os professores de canto deveriam trabalhar para, gradualmente, incorporar tecnologias digitais às suas aulas.

A pesquisa de Glenn (2000), realizada na University of Georgia, foi a primeira tese de doutorado com um estudo comparativo entre grupos de controle e de teste. O estudo partiu da hipótese de que preparar um repertório sem acompanhamento musical e realizar a performance com acompanhamento, tendo pouco tempo de ensaio com um pianista, por exemplo, diminui a transferência de habilidades e conhecimento entre tarefas. Para averiguar os efeitos do

¹⁴ Este é o primeiro trabalho acadêmico encontrado que utiliza o nome atual do programa, e não mais o antigo, Vivace.

SmartMusic® na preparação de repertório, Glenn dividiu 30 voluntários em dois grupos e solicitou que cada um estudasse uma peça, diariamente, por 30 minutos, durante seis dias, sob duas condições: com o SmartMusic® (*grupo teste*) ou sem o SmartMusic® (*grupo controle*). Gravações pós-teste foram avaliadas e um questionário foi respondido pelos participantes. O grupo que praticou com o SmartMusic® teve notas mais altas do que o grupo que não usou o programa, porém, estatisticamente, a diferença não foi significativa. Por outro lado, o resultado dos questionários revelou que os sujeitos que praticaram com o SmartMusic® tiveram uma percepção mais positiva sobre as suas performances.

Flanigan (2008) realizou um estudo comparativo com 20 instrumentistas de sopro (metais) que cursavam graduação em música em quatro universidades no estado de Kentucky, nos EUA. Mais uma vez, os voluntários foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos, com situações de prática distintas, isto é, com e sem o SmartMusic®. A experimentação teve duração de quatro semanas, sendo que na primeira os participantes realizaram um teste de discriminação de altura (*pitch discrimination test*) e uma gravação de leitura à primeira vista. A análise dessas primeiras gravações indicou que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos em relação a afinação e ritmo. Os testes de discriminação de altura também não apontaram disparidade significativa entre os grupos.

A cada semana, Flanigan (2008) encontrava voluntários para realizar novas gravações e para atribuir um novo excerto musical. Para a avaliação das gravações, o pesquisador utilizou análise espectrográfica e notas de dois jurados especialistas. A análise espectrográfica indicou que o grupo que utilizou SmartMusic@ teve resultados discretamente superiores ao outro grupo, porém, a diferença não foi estatisticamente significativa. Já a avaliação dos jurados apresentou diferença estatisticamente significativa em favor do mesmo grupo no quesito afinação. Esta diferença foi ainda maior quando as performances foram avaliadas pelos jurados, de forma integral (incluindo timbre, articulação, expressividade e interpretação).

3 AFINAÇÃO

“Afinação” é um termo genérico. Quando músicos e professores o utilizam, podem estar se referindo a uma ou mais das diversas habilidades necessárias para a manipulação da altura na música (Morrison; Fyk, 2002, p. 183). Em alguns idiomas, como no inglês e no alemão, “afinação” tem duas traduções: *tuning* (em inglês) e *stimmen* (em alemão) se referem à “afinação” de instrumentos realizada a partir do ajuste de alguma de suas partes, antes da performance (i.e. tensão das cordas de um cordofone; comprimento do tubo de um aerofone); e *intonation* (em inglês e em alemão) significa, *grosso modo*, “afinação” no sentido de “tratamento da altura musical durante sua performance”¹⁵ (Leedy; Haynes, 2001). Goldemberg (2007), em artigo para a revista *Opus*, utiliza o termo “entoação” como o equivalente, em português, a *intonation*:

Apesar dos termos afinação e entoação serem frequentemente utilizados de maneira intercambiável, existe uma distinção entre ambos. Afinação é um sistema idealizado de relações entre as frequências de uma escala ao passo que entoação refere-se à responsabilidade que o músico tem de tocar afinado (Goldemberg, 2007).

O uso de palavras distintas para cada um dos casos é interessante para se compreender os limites entre um campo mais físico (a acústica) e outro mais cognitivo e artístico (a percepção musical, o controle técnico motor da altura em tempo real e as inflexões deliberadas com finalidade expressiva). Porém, devido ao aparente desuso do termo “entoação”, utiliza-se nesta pesquisa apenas “afinação”, abordando seus aspectos acústicos, perceptivos, artísticos e pedagógicos.

3.1 Altura, frequência e série harmônica

Antes de iniciar a discussão sobre a afinação propriamente dita, cabe aqui delimitar alguns conceitos importantes dos campos da acústica e da psicoacústica¹⁶ para uma melhor compreensão do tema. O som musical de altura definida é caracterizado pela repetição regular de mudanças de pressão do ar (ou ciclos). A quantidade de vezes por segundo que um ciclo completo se repete é chamada de frequência. Ou seja, a frequência do som é a quantidade de

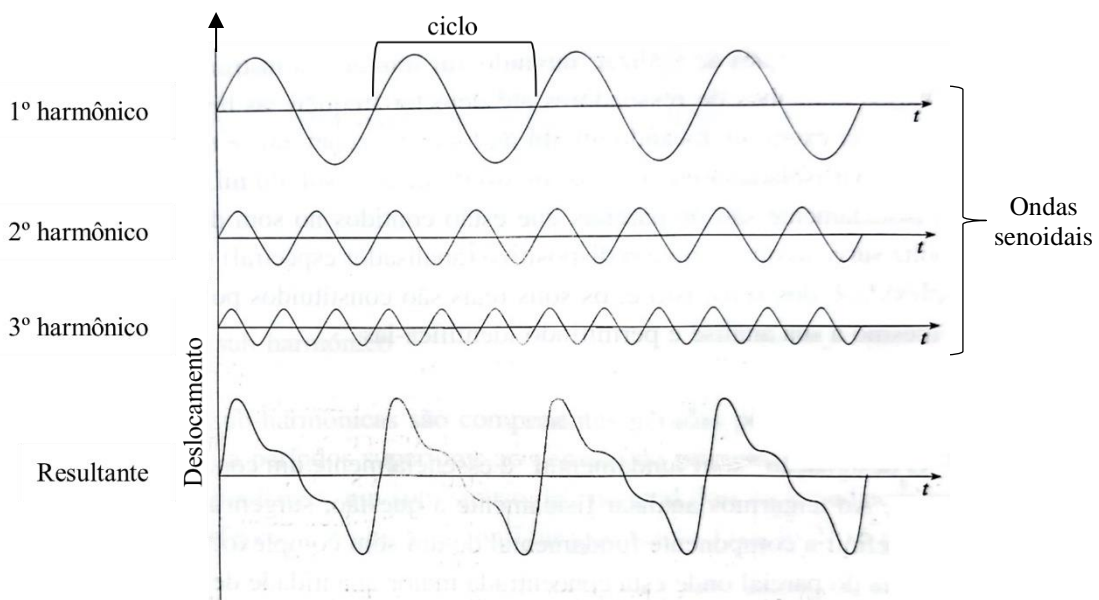
¹⁵ No original: *the treatment of musical pitch in performance*.

¹⁶ A psicoacústica é uma subdisciplina da psicofísica que estuda a relação entre estímulos sonoros e as sensações auditivas decorrentes desses estímulos.

ciclos completos da onda sonora por segundo, a sua unidade é o **hertz** (Hz). Quanto maior a frequência de um som, mais agudo este será. Quanto menor a frequência, mais grave.

Um som dito **puro** é formado por apenas uma onda senoidal (ou senoide). Na natureza, praticamente¹⁷ não existem sons puros, estes só podem ser emitidos através de aparato eletrônico, e mesmo assim “não há nenhuma garantia de que eles estejam realmente ‘puros’ quando chegarem ao ouvido” Roederer, (1998, p. 44). Sons de altura definida produzidos por instrumentos musicais e pela voz, apresentam uma onda composta por múltiplos **parciais** (ou componentes), cada qual com sua frequência específica, e por isso são caracterizados como **sons complexos**. O primeiro parcial é designado como **frequência fundamental** (f_0) e os demais parciais são as frequências superiores, chamadas **harmônicos superiores**, que formam a **série harmônica**. A frequência fundamental é aquela que percebemos como altura de um som, e também é esta que os afinadores eletrônicos nos informam o valor em *hertz* (Hz). A Figura 3 apresenta a representação gráfica de um som com três parciais (harmônicos), com suas ondas senoidais e a onda resultante (Helmholtz, 1954, p. 21-22; Henrique, 2002, p. 177-181; Roederer, 1998, p. 43-53).

Figura 3 – Representação da onda de um som complexo constituído por três parciais senoidais: primeiro, segundo e terceiro harmônicos



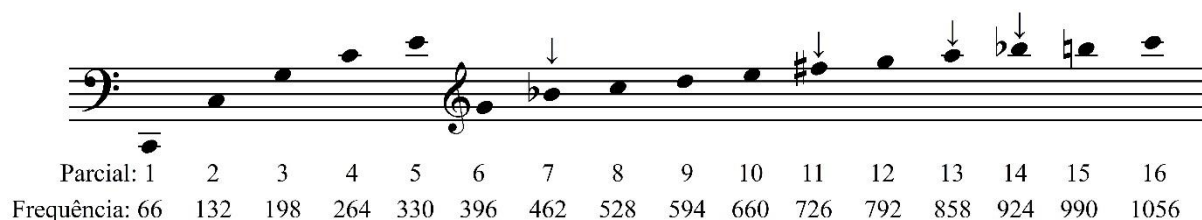
Fonte: Henrique (2002, p. 179).

As frequências dos parciais superiores são calculadas como uma tabuada. Um som com frequência fundamental de 100 Hz teria o seu segundo parcial com 200 Hz (uma oitava

¹⁷ Diapasões produzem sons aproximadamente puros após o fim do transiente inicial.

acima), o terceiro com 300 Hz (uma oitava mais uma quinta acima), o quarto com 400 Hz (duas oitavas acima), e assim sucessivamente. A Figura 4 apresenta a série harmônica do $Dó_1$ com os seus primeiros 16 parciais. As frequências dos parciais 7, 11, 13 e 14 não condizem com alguma das 12 alturas do sistema tonal, e por este motivo estão sinalizadas com uma seta para baixo. Estes parciais situam-se entre a nota registrada no pentagrama e um semitom abaixo dela. As alturas mais recorrentes na série harmônica serão, nesta ordem, a da frequência fundamental, a da quinta justa acima e a da terça maior acima. No exemplo abaixo, podemos observar a seguinte distribuição: $Dó$, cinco vezes; Sol , três vezes; Mi , duas vezes; $Ré$ e Si , uma vez, cada.

Figura 4 – Série harmônica do $Dó_1$



Fonte: Helmholtz (1954, p. 22).

Embora os termos “altura” e “frequência” estejam intrinsecamente relacionados, não são sinônimos (Greated, 2001b; Roederer, 1998, p. 21; Taylor; Campbell, 2001; Trainor; Corrigan, 2010, p. 90). De acordo com o Dicionário Grove de Música, altura (*pitch*, em inglês) é definida como

A qualidade particular de um som (por exemplo, uma nota musical individual) que fixa sua posição na escala. [...] A altura é determinada pelo que o ouvido julga ser a frequência de onda mais fundamental do som. [...] A altura é expressa pela combinação de um valor de frequência (como 440 Hz) com um nome de nota. $Lá_3 = 440$ Hz é uma altura, assim como [poderia ser] $Sol_3 = 440$. Se Sol_3 é 440, em igual temperamento, então $Lá_3$ será 494 Hz; se $Lá_3 = 440$, Sol_3 será 392 Hz¹⁸ (Haynes; Cooke, 2001, tradução nossa).

A sensação subjetiva de altura pode, no entanto, em certas circunstâncias, depender também da intensidade (amplitude da onda) e do seu espectro (proporção em que os harmônicos superiores aparecem misturados entre si, acompanhando a frequência fundamental, resultando na percepção de timbre). Este efeito é forte apenas quando sons puros estão envolvidos. Instrumentos reais produzem mudanças muito menos marcantes, sendo assim, a frequência

¹⁸ No original: *The particular quality of a sound (e.g. an individual musical note) that fixes its position in the scale. [...] Pitch is determined by what the ear judges to be the most fundamental wave-frequency of the sound. [...] Pitch is expressed by combining a frequency value (such as 440 Hz) with a note name. $a' = 440$ Hz is a pitch, as is $g' = 440$. If g' is 440, in equal temperament, then a' will be 494 Hz; if $a' = 440$, g' will be 392 Hz.*

fundamental representa com significativa acurácia a percepção de altura (Roederer, 1998, p. 21; Taylor; Campbell, 2001).

Quando duas ondas sonoras de frequência ligeiramente diferentes são ouvidas simultaneamente, ocorre o fenômeno psicoacústico dos **batimentos** (*beats*, em inglês), que causa uma modulação na percepção do volume do som (Greated, 2001a; Roederer, 1998, p. 56). De acordo com o *Oxford Music Online*:

O número de batimentos por segundo é igual à diferença de frequência entre as duas notas: um som de 440 Hz fará quatro batimentos por segundo com um de 444 (ou 436); três com um de 443 (ou 437); dois com 442 (ou 438); um com 441 (ou 439); e os batimentos desaparecerão se as duas notas estiverem em perfeito uníssono¹⁹ (Greated, 2001a, tradução nossa).

É importante destacar que os batimentos acontecem não apenas entre as ondas da frequência fundamental, como em um uníssono ligeiramente desafinado, mas também entre ondas de harmônicos superiores. Portanto, é possível ouvir batimentos em intervalos harmônicos, especialmente nos consonantes. Por exemplo, em uma oitava justa, se o som mais agudo não tiver uma frequência fundamental que seja exatamente o dobro do som mais grave, ouviremos batimentos, pois haverá interferência entre o segundo parcial do som mais grave e o primeiro do som mais agudo, além de todos os outros parciais que coincidam.

3.2 Sistemas de afinação

A afinação dos instrumentos não-temperados e do canto pode variar consideravelmente, dependendo do seu contexto harmônico e das texturas nas quais as notas estão colocadas. No sentido horizontal (melodicamente) há uma tendência à aproximação dos semitons diatônicos e ao alargamento de todos os outros intervalos. No sentido vertical (harmonicamente), terças, sextas e sétimas maiores precisam ser mais estreitas, para amenizar o efeito de batimentos (Goldemberg, 2007, p. 66; Henrique, 2002, p. 964; Jensen; Chung, 2017, p. 5; Leedy; Haynes, 2001; Mantel, 2021; Nickerson, 1949; Pleeth; Pyron, 1992, p. 116; Waterman, 2003, p. 110). Tais variações levam a diferentes formas (ou sistemas) de estabelecer frequências ideais para cada grau das escalas musicais. Obras de referência de áreas como acústica, psicoacústica e cognição musical têm discutido predominantemente o uso de três desses sistemas: o Justo, o de Igual Temperamento e o Pitagórico (Burns, 1999; Helmholtz,

¹⁹ No original: *The number of beats per second equals the difference in frequency between the two notes: a pitch of 440 Hz will make four beats per second with one of 444 (or 436); three with one of 443 (or 437); two with 442 (or 438); one with 441 (or 439); and the beats will disappear if the two notes are in perfect unison.*

1954; Henrique, 2002; Morrison; Fyk, 2002; Radocy; Boyle, 2003; Roederer, 1998; Seashore, 1938; Ward, 1970).

Os instrumentos de cordas friccionadas sem trastes estão sujeitos à constante flutuação na altura do som por diversos motivos, desde a limitação técnica do instrumentista até a escolha artística deliberada, como o portamento e o *vibrato*. Há evidências científicas de que instrumentistas de cordas friccionadas *experts* não utilizam consistentemente um ou outro sistema de afinação, como veremos na próxima seção (Percepção da afinação). Portanto, a relevância de conhecer os sistemas de afinação não está na adoção consciente e permanente de um sistema ou outro pelo músico, mas na compreensão dos fatores acústicos e psicoacústicos que afetam a percepção da afinação. No recentemente publicado *CelloMind: intonation and technique*, Jensen e Chung (2017) afirmam:

Saber quando e como usar esses diferentes sistemas de afinação [Igual Temperamento, Justo e Pitagórico] é um grande desafio para os músicos de hoje. Ao entender essas teorias da afinação e aprender como aplicá-las, você cultivará uma habilidade mais refinada e abrangente de como tocar afinado (Jensen; Chung, 2017, p. 5, tradução nossa)²⁰.

Leedy e Corey (2013) definem o conceito de sistema de afinação da seguinte maneira:

Sistemas de organização da altura de escalas. Tais sistemas são "justos" ou "temperados". Sistemas justos consistem inteiramente de intervalos puros, e embora a transposição literal de padrões ou escalas possa ser muito limitada, outras simetrias musicalmente úteis estão disponíveis. Sistemas temperados são aqueles em que a pureza de alguns ou todos os intervalos é deliberadamente comprometida a fim de tornar outros intervalos menos impuros, e assim aumentar o número de intervalos musicalmente utilizáveis (Leedy; Corey, 2013)²¹.

A discussão sobre sistemas de afinação envolve teóricos, músicos e cientistas desde a Grécia Antiga, mas teve seu auge entre os séculos XVI e XIX. Tal debate foi especialmente relevante para a construção e manutenção de instrumentos de afinação temperada²², como os

²⁰ No original: *Knowing when and how to use these different intonation systems is a major challenge for musicians today. By understanding these theories of intonation and learning how to apply them, you will cultivate a more refined and comprehensive ability of how to play in tune.*

²¹ No original: *Systems of organization of the pitch scale. Such systems are either "just" or "tempered." Just systems consist entirely of pure intervals, and though literal transposition of patterns or scales may be very limited, other musically useful symmetries are available. Tempered systems are those in which the purity of some or all intervals is deliberately compromised in order to render other intervals less impure, and thus increase the number of musically serviceable intervals.*

²² Consideramos instrumento de afinação **temperada** aqueles cuja afinação não pode ser ajustada durante a performance (como os de teclado, de cordas dedilhadas com trastes e a harpa), e de afinação **não-temperada** aqueles cuja altura é determinada durante a performance. No segundo grupo, a família do violino, o trombone e a voz se destacam por terem a maior liberdade no controle de alturas, podendo produzir uma infinidade de frequências dentro de suas extensões. Já instrumentos como a flauta, o clarinete, o oboé, o fagote, o trompete, a

de teclado e de cordas com trastes. Para os instrumentos cuja afinação é controlada pelo intérprete durante a execução musical, em especial os da família do violino, o trombone e a voz, conhecer a teoria dos sistemas de afinação não seria, a princípio, essencial para a sua performance. A prática pura e simples poderia ser suficiente para que o músico obtivesse um desempenho adequado em sua afinação, porém, tal conhecimento se faz necessário para compreendermos a razão pela qual a frequência ideal de uma nota não é um parâmetro rígido e simples.

Embora o Sistema Justo seja o mais “natural” dos sistemas do ponto de vista acústico, pois é fundamentado nas proporções da frequência entre ondas, início esta seção abordando o Sistema de Igual Temperamento, por considerar relevante a compreensão da unidade de medida da altura de sons musicais estabelecida a partir deste sistema, o *cent*, como veremos a seguir.

O Sistema de Igual Temperamento (IT) consiste na divisão da oitava justa em doze semitons iguais, tendo como consequência o temperamento (ajuste) de todos os intervalos, com exceção da oitava justa. Este sistema é considerado o padrão de afinação na música ocidental para instrumentos de afinação temperada desde meados do século XIX, exceto entre os especialistas da música historicamente informada (Helmholtz, 1954, p. 549; Leedy; Corey, 2013; Lindley, 2001a, 2001b). A partir deste sistema, Ellis propõe a medida do *cent*, correspondente a um centésimo de um semitom (Ellis, 1885; Ellis; Adler, 1880; Helmholtz, 1954, p. 446). Esta medida lineariza e simplifica a representação matemática e a interpretação dos valores, facilitando a discussão sobre afinação.

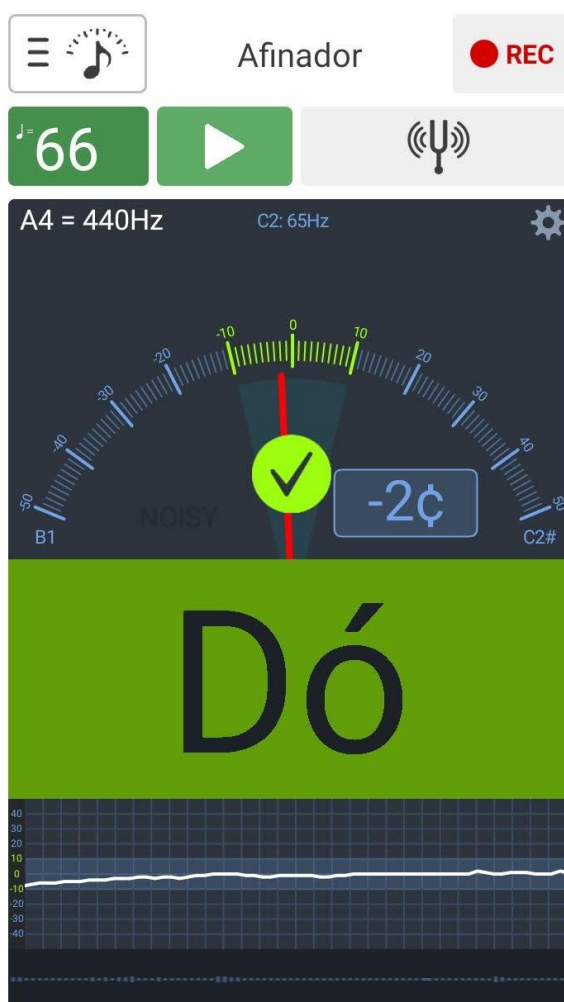
Em vez de representar numericamente intervalos musicais através de razões (e.g. 1.059463:1 para o semitom em IT), é possível fazê-lo por meio de números inteiros (e.g. 100 *cents* para o semitom em IT). Assim, o intervalo de um tom no Sistema de Igual Temperamento contém 200 *cents*, uma terça menor, 300 *cents*, e assim sucessivamente. O *cent*, portanto, é uma unidade de medida para a comparação de alturas, e não substitui a medida do *hertz*, que mede os valores absolutos da frequência. Para que o *cent* seja utilizado como medida absoluta de frequência, é necessário informar a nota musical mais próxima, a oitava, a referência do Lá₃ (geralmente 440 Hz ou 442 Hz) e o desvio em *cents*. Como já mencionado, o temperamento

trompa e a tuba são construídos para que alturas específicas sejam emitidas a partir da combinação de furos ou válvulas ao longo de um tubo, e, por este motivo, não tem o controle de alturas tão livre quanto no violino, trombone ou voz. Porém, vale destacar que, mesmo com tais limitações, pequenos ajustes de afinação também podem ser realizados durante a performance destes instrumentos.

pressupõe o comprometimento da pureza²³ da afinação de intervalos. As consequências práticas desse comprometimento serão discutidas mais adiante.

Os afinadores eletrônicos são configurados a partir do Igual Temperamento. Esses aparelhos informam a nota que está sendo captada e o seu desvio. O valor 0 (zero) representa a altura precisamente afinada de acordo com o IT. Os valores positivos e negativos indicam o desvio da frequência alvo em *cents*. A Figura 5 apresenta a captura de tela de um aplicativo de metrônomo e afinador, para smartphone, configurado com o Lá₃ em 440 Hz. A nota captada é um Dó₁ (C₂, em inglês), cuja frequência alvo é de 65 Hz, e está 2 *cents* baixo.

Figura 5 – Captura de tela do aplicativo para smartphone Soundcorset



Fonte: Soundcorset Tuner versão 6.73.

²³ Na literatura sobre afinação, é comum encontrar os termos “intervalo puro” ou, como nesse caso, “pureza da afinação de intervalos”. “Intervalo puro” tem o mesmo significado de “intervalo afinado de acordo com o Sistema Justo de Afinação”, ou seja, que tem uma razão entre as frequências das notas idêntica à da série harmônica, e, por consequência, não apresenta batimentos. Não se deve confundir com o termo “som puro”, abordado anteriormente.

Por vezes, o igual temperamento é confundido com o sistema de *O Teclado Bem Temperado* utilizado por J. S. Bach em sua célebre coleção de *Prelúdios e Fugas*. Esses dois sistemas compartilham a característica de apresentar 12 quintas justas bem afinadas, porém, o segundo contém um significativo elemento de nuance na afinação entre as várias tonalidades, diferente do igual temperamento, em que todas as tonalidades passam a ter intervalos idênticos (Lindley, 2001a).

Mark Lindley (2001b) descreve a afinação Justa da seguinte maneira:

Quando uma nota pode ser afinada com um mínimo de flexibilidade, o termo "afinação justa" refere-se à utilização consistente de intervalos harmônicos afinados de forma tão pura que não apresentam batimentos, e de intervalos melódicos derivados de tal arranjo, incluindo mais de um intervalo de tom inteiro. [...] Em teoria, cada intervalo afinado puramente é representado por uma razão numérica. O número maior na razão representa o maior comprimento da corda no monocórdio tradicional e, portanto, a nota mais grave; em termos de frequências de ondas, ele representa a nota mais alta. A razão para a oitava justa é de 2:1; para a quinta justa, 3:2; para a quarta justa, 4:3 (Lindley, 2001b, tradução nossa)²⁴.

As razões mencionadas acima provêm da relação entre os parciais da série harmônica. Dizer que a razão da oitava justa é de 2:1 significa que para cada dois ciclos da vibração mais aguda, haverá um ciclo da mais grave. Portanto, a frequência da nota mais aguda de uma oitava justa é o dobro da mais grave. A razão da quinta justa é 3:2, ou seja, para cada três vibrações da nota mais aguda, haverá duas da mais grave. Para calcular a frequência de uma quinta justa acima de uma nota com frequência de 100 Hz, faz-se o seguinte cálculo:

$$100 \times (3 \div 2) = 150$$

Nos instrumentos de corda é possível ouvir esses intervalos, tocando os harmônicos naturais das cordas. Jensen e Chung (2017) apresentam diversos exercícios para o controle da afinação no violoncelo explorando os harmônicos naturais das suas quatro cordas.

O Quadro 2 apresenta as razões dos intervalos justos, maiores, menores e o trítone e seus respectivos valores em *cents*. Nele pode-se observar que a escala cromática resultante desse arranjo apresenta semitons de quatro valores diferentes: 70, 92, 112 e 134 *cents*. Todos

²⁴ No original: *When pitch can be intoned with a modicum of flexibility, the term 'just intonation' refers to the consistent use of harmonic intervals tuned so pure that they do not beat, and of melodic intervals derived from such an arrangement, including more than one size of whole tone. [...] In theory, each justly intoned interval is represented by a numerical ratio. The larger number in the ratio represents the greater string length on the traditional Monochord and hence the lower pitch; in terms of wave frequencies it represents the higher pitch. The ratio for the octave is 2:1; for the 5th 3:2; for the 4th 4:3.*

os intervalos podem ser encontrados na série harmônica com 16 parciais apresentada na seção anterior (Figura 4).

Quadro 2 – Razões de intervalos e seus respectivos valores em cents no Sistema Justo de Afinação

Intervalo	2m	2M	3m	3M	4J	5d*	5J	6m	6M	7m	7M	8J
Razão	16:15	9:8 ou 10:9	6:5	5:4	4:3	64:45	3:2	8:5	5:3	9:5	15:8	2:1
Cents ²⁵	112	204 ou 182	316	386	498	610	702	814	884	1018	1088	1200
Amplitude dos semitons em cents		92 ou 70	112	70	112	112	92	112	70	134	70	112

*No caso da quarta aumentada, a razão será de 45:32, 590 cents.

Fonte: Elaborado pelo autor. Adaptado de Helmholtz (1954, p. 14-17).

O Sistema Justo de Afinação, apresenta alguns problemas práticos para os instrumentos de teclado e de cordas com trastes, a começar que não é possível afinar todos os intervalos de uma escala diatônica completamente puros. O conceito de coma sintônico²⁶ (traduzido do inglês *syntonic comma*) é importante para se compreender tal dificuldade. O coma sintônico é o pequeno intervalo de 22 cents²⁷ resultante da diferença entre uma terça maior pura (386 cents) e uma terça maior afinada no Sistema Pitagórico (408 cents), resultado de quatro quintas justas puras menos duas oitavas (Greated, 2001c; Jensen; Chung, 2017, p. 256).

Como citado anteriormente, o Sistema Justo apresenta mais de um intervalo de tom inteiro (Lindley, 2001b). Um tom (*T*) é representado pela razão 9:8 (204 cents) e outro (*t*) pela razão 10:9 (182 cents). A diferença entre estes dois tipos de tom também é de um coma sintônico. Por consequência, a quinta justa Ré-Lá (ver Quadro 3) apresenta um intervalo de 680 cents, em vez dos ideais 702 cents. Este intervalo é conhecido como “quinta do lobo”, do inglês *wolf 5th* (Goldemberg, 2007; Lindley, 2001b; Oldham; Lindley, 2001). Da mesma forma, a terça menor Ré-Fá tem 294 cents, em vez de 316. Portanto, a tríade de Ré menor (supertônica de Dó Maior) soa consideravelmente desafinada, assim como a tríade de Ré Maior (dominante de Sol Maior). Por este motivo, um instrumento de teclado como o cravo, por exemplo, afinado

²⁵ Por razões práticas, é comum na literatura especializada arredondar-se os valores em cents para o número inteiro mais próximo.

²⁶ Também conhecido como Coma de Dídimo ou Coma de Ptolomeu.

²⁷ O valor mais exato é de 21,51 cents.

em um Sistema Justo, não conseguiria modular livremente em uma mesma obra sem que determinados acordes soassem consideravelmente desafinados. Ou ainda, o repertório escolhido para uma performance deveria ser formado por peças da mesma tonalidade, caso contrário, o instrumento precisaria ser reafinado durante a apresentação. O Quadro 3 a seguir apresenta como exemplo as razões para os intervalos formados entre a nota Dó e cada uma das notas da escala de Dó Maior. As mesmas proporções e relações valem para qualquer tonalidade maior. Nas tonalidades menores, a *quinta do lobo* estaria entre o sétimo e o quarto graus da escala menor natural.

Quadro 3 – Afinação dos intervalos da escala de Dó Maior no Sistema Justo com a quinta do lobo entre as notas Ré e Lá

	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó
Razão	1:1	9:8	5:4	4:3	3:2	5:3	15:8	2:1
Intervalo em cents	0	204	386	498	702	884	1088	1200
Intervalo entre graus adjacentes em cents		<i>T</i> 204	<i>t</i> 182	<i>st</i> 112	<i>T</i> 204	<i>t</i> 182	<i>T</i> 204	<i>st</i> 112

Fonte: Elaboração própria a partir das informações contidas em Helmholtz (1954, p. 17).

A princípio, poderíamos considerar que o Sistema Justo de Afinação não seria um problema para a música vocal *a capella*, visto que a altura pode ser ajustada de acordo com qualquer contexto harmônico. Porém, já na Renascença, músicos e cientistas alertavam para o fato de que este sistema pode trazer instabilidade na afinação geral de uma peça sem acompanhamento de um instrumento de afinação temperada. Dependendo da progressão harmônica e da condução das vozes, a afinação geral de um conjunto poderia naturalmente flutuar para o agudo ou para o grave (Lindley, 2001b).

Uma vez compreendidos os fundamentos da Afinação Justa, podemos ter maior clareza sobre as consequências trazidas pelo Sistema de Igual Temperamento à afinação dos intervalos. Como dito anteriormente, neste sistema, todos os intervalos são temperados, porém, uns mais e outros menos. O Quadro 4 apresenta os valores em cents para os intervalos afinados nos dois sistemas, e suas diferenças. Podemos observar que as quartas e quintas justas são os intervalos menos temperados, apresentando uma diferença de apenas 2 cents, enquanto os intervalos de

sétima menor e segunda maior (mais estreita) são os mais temperados, com 18 *cents* de diferença.

Quadro 4 – Intervalos e seus respectivos valores em *cents* nos sistemas de Igual Temperamento e Justo

	2m	2M	3m	3M	4J	5d	5J	6m	6M	7m	7M	8J
Igual Temperamento	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Justo	112	204 ou 182	316	386	498	610*	702	814	884	1018	1088	1200
Diferença	12	4 ou 18	16	14	2	10	2	14	16	18	12	0

*No caso da quarta aumentada, o intervalo será de 590 *cents*.

Fonte: Elaboração própria a partir das informações contidas em Helmholtz (1954, p. 453-456).

O Sistema Pitagórico de afinação define a frequência dos graus da escala a partir da sobreposição de quintas justas puras. Partindo de um Dó, afinamos uma quinta acima (702 *cents*) e obtemos um Sol. Uma quinta acima do Sol e obtemos um Ré, 1404 *cents* acima do Dó inicial. Transpondo-se para uma oitava abaixo, o intervalo passa a ser de 204 *cents*. O mesmo procedimento é realizado para determinar a frequência das notas Lá, Mi, Si e Fá#. No sentido oposto, afinamos uma quinta pura abaixo do Dó e obteremos um Fá, que transposto para uma oitava acima forma o intervalo de quarta justa (498 *cents*). Repetindo este procedimento, determinamos a frequência das notas Sib, Mib, Láb, Réb e Solb. O Quadro 5 apresenta o resultado desta afinação.

Quadro 5 – Notas musicais e seus respectivos valores em *cents* dos intervalos em relação ao Dó no Sistema de Afinação Pitagórico

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	(13)
	Solb	Réb	Láb	Mib	Sib	Fá	Dó	Sol	Ré	Lá	Mi	Si	(Fá#)
Pitagórico	588	90	792	294	996	498	0	702	204	906	408	1110	612
IT	600	100	800	300	1000	500	0	700	200	900	400	1100	600
diferença	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12

Fonte: Elaboração própria a partir das informações contidas em Jensen e Chung (2017, p. 250) e Helmholtz (1954, p. 453-456).

Como resultado do “acúmulo” de dois *cents* a cada nova quinta justa, este sistema produz quatro intervalos puros: segundas maiores, quartas, quintas e oitavas justas. Todos os demais têm a sua “pureza” comprometida. Os semitons diatônicos são mais estreitos, com 90

cents (10 a menos que o IT e 22 a menos que o Justo). As terças maiores ficam mais abertas, 408 *cents* (8 a mais que o IT e 22 a mais que o Justo), e as sensíveis se aproximam mais das tônicas. Se observarmos a primeira e a última colunas do Quadro 5 (acima), veremos que Sol b e Fá# são notas enarmônicas, mas que apresentam afinações com uma diferença de 24 *cents*. Este pequeno intervalo é chamado de coma pitagórico. O mesmo poderia ser observado se continuássemos a sequência para a esquerda e direita do quadro, com as diferenças de afinação entre Dó# e Ré b , Dób e Si, e assim por diante. Em resumo, a afinação Pitagórica produz sustenidos mais altos e bemóis mais baixos.

Para a afinação de instrumentos de teclado, especialmente o órgão de tubos, o Sistema Pitagórico apresenta dois problemas: (1) terças e sextas harmônicas, com seus 22 *cents* de impureza, produzem uma frequência de batimentos demasiadamente alta; (2) para que todas as quintas justas sejam puras, seria necessário teclas distintas para notas enarmônicas (i.e. uma tecla para o Sol b e outra para o Fá#). Então, ao afinar as 12 teclas, sempre haverá uma *quinta do lobo* de 24 *cents* (coma pitagórico). No caso do Quadro 5 (acima), não havendo uma tecla específica para o Fá#, a afinação será do Sol b , produzindo uma quinta justa de 678 *cents*.

O Quadro 6 (abaixo) apresenta a comparação em *cents* de todas as alturas, afinadas a partir do Dó, nos três sistemas discutidos até aqui.

Quadro 6 – Comparação entre os sistemas de afinação (medidas em cents)

	I.T.	J.	Pit.	Notas Enarmônicas
Dó	0	0	0 24	Dó Si#
Réb	100	112	90 114	Réb Dó#
Ré	200	204	204 228	Ré Dó##
Mib	300	316	294 318	Mib Ré#
Mi	400	386	384 408	Fáb Mi
Fá	500	498	498 522	Fá Mi#
Solb Fá#	600	610 590	588 612	Solb Fá#
Sol	700	702	702 726	Sol Fá##
Láb	800	814	792 816	Láb Sol#
Lá	900	884	882 906	Sibb Lá
Sib	1000	1018	996 1020	Sib Lá#
Si	1100	1088	1086 1110	Dób Si
Dó	1200	1200	1200	Dó

Fonte: Elaboração própria a partir das informações contidas em Jensen e Chung (2017, p. 250) e Helmholtz (1954, p. 453–456).

A apresentação dos sistemas de afinação nesta seção seguiu uma ordem cronológica inversa. Pitágoras viveu entre 570 e 495 a.C., aproximadamente, e seu sistema de afinação perdurou ao longo da Idade Média. Para a monofonia do canto gregoriano, as terças e sextas do Sistema Pitagórico, demasiadamente abertas ou fechadas, não causavam problemas. O Sistema Justo foi bastante explorado durante a Renascença, através de avanços nas ciências e do desenvolvimento da polifonia na música vocal, com o uso mais frequente de terças e sextas, que não eram mais consideradas dissonâncias, e sim, consonâncias imperfeitas. A busca por uma afinação que permita modulações entre todas as tonalidades se inicia já no século XVI, mas resulta no Igual Temperamento apenas em meados do século XIX. Até aqui, foram apresentadas informações do ponto de vista acústico. Na próxima seção será debatido o quanto

as diferenças entre estes sistemas são percebidas por nós, e qual é a aplicabilidade deste conhecimento na performance dos instrumentos de cordas friccionadas.

3.3 Percepção da afinação

Do ponto de vista aural mais básico, podemos identificar duas habilidades essenciais para se obter afinação: (1) discriminação de altura e (2) correlação de altura. A primeira se refere à capacidade de identificar a diferença entre dois sons consecutivos. Para isso, um professor pode, por exemplo, pedir a um aluno que identifique se um som de instrumento musical ou voz é mais alto (agudo) ou mais baixo (grave) que outro. Em estudos de psicoacústica e fonoaudiologia, o mais comum é utilizar sons puros, de ondas senoidais. Nestes casos, o termo técnico é discriminação (ou resolução) de frequência. Já a correlação de altura combina habilidades aurais e técnicas, podendo se dar por meio da reprodução de notas isoladas ou em sequência, em uníssono ou com algum intervalo (Morrison; Fyk, 2002, p. 183).

Uma vez compreendida a afinação do ponto de vista acústico (seção anterior), pode-se questionar, então, qual seria a capacidade humana de percebê-la. Músicos são capazes de tocar ou cantar deliberadamente em sistemas de afinação específicos? A partir de quais limiares de desvio da afinação de igual temperamento o ouvido humano perceberia algo como desafinado? Essas são questões sobre as quais diversos pesquisadores vêm se debruçando, com investigações em diversas áreas, como a Psicologia da Música, a Psicoacústica e a Educação Musical.

Definir os limites da percepção humana em relação à afinação não é uma ciência tão exata quanto o cálculo de frequências e suas proporções. Nesse sentido, “[...] a percepção e o significado do que é ‘afinado’ são questões frequentemente debatidas e frequentemente abertas à interpretação subjetiva”²⁸ (Leedy; Corey, 2013, tradução nossa). A frequência é o elemento mais importante para a nossa percepção de altura, mas a intensidade, a duração do som e a subitaneidade da variação de frequência também desempenham um papel significativo no processamento cognitivo do som.

Diversos estudos experimentais foram realizados para determinar o *limiar de diferença*²⁹ (LD) da capacidade de discriminação de frequência. Este seria o valor dentro do

²⁸ No original: [...] *the perception, and meaning, of what is “in tune” is frequently debated and frequently open to subjective interpretation.*

²⁹ O termo “limiar de diferença” (em inglês, *difference limen* ou *DL*) é utilizado para qualquer magnitude psicofísica (i.e. peso, tamanho e temperatura). O livro *Introdução à Física e Psicofísica da Música* (Roederer,

qual a nossa percepção compreende dois sons como tendo a mesma frequência (Rakowsky, 1971; Stevens *et al.*, 1937; Zwicker *et al.*, 1957 *apud* Roederer, 1998, p. 50-1). Os valores do LD para a discriminação de frequência são obtidos através de exames de audiometria, nos quais os participantes escutam dois sons puros consecutivos, muito curtos (com menos de meio segundo de duração), e os identificam como sendo de mesma ou de diferente frequência. É importante observar que tais estudos são realizados com sons sintéticos e em condições experimentais bem controladas.

A prática musical, em contrapartida, envolve diversas variáveis que podem afetar a percepção de altura, como a intensidade, a duração e o espectro. Somam-se a estas características físicas do som elementos expressivos, como o *vibrato* e o portamento. Portanto, embora o conhecimento acerca do LD da capacidade de discriminação de frequência seja primordial como ponto de partida para se compreender a percepção da afinação, este não é, por si só, o definidor dos limites entre o “afinado” e o “desafinado”. Para compreender melhor esta questão, é necessário reunir evidências de estudos experimentais sobre o processamento auditivo, como os mencionados acima, e de estudos que avaliam gravações de áudio através de aparato tecnológico ou por avaliadores *experts*.

Em um estudo de 1984, Spiegel e Watson realizaram testes de discriminação de frequência com músicos da Orquestra Sinfônica de St. Louis e voluntários não músicos, concluindo que os musicistas percebiam diferenças de frequência significativamente melhor do que os não músicos, com um LD de ± 5 cents. O mesmo experimento comparou a diferença de LD entre sons de ondas senoidais (puros) e ondas quadradas (complexos), formadas sinteticamente, acrescentando-se harmônicos superiores de parciais ímpares a uma frequência fundamental, e, por consequência, mais semelhante ao som de um instrumento musical. “Os resultados de ambos, músicos e não-músicos, sugerem alguma influência de informação dos harmônicos superiores: os LD’s para mudanças de frequência das ondas quadradas foram menores do que os de ondas senoidais” (Spiegel; Watson, 1984, tradução nossa).

Em um estudo que examinou a capacidade de voluntários de perceber a desafinação de intervalos harmônicos de quintas justas e terças maiores, Vos (1982) concluiu o seguinte: (1) somos mais sensíveis a desafinações de quintas justas do que de terças maiores, (2) somos mais sensíveis a desafinações de frequências mais altas de batimento do que às das mais baixas, e (3) percebemos melhor a desafinação em sons mais longos (Vos, 1982, p. 312).

1998) utiliza também o termo “diferença no limite do observável” (DLO) como tradução do termo em inglês *just noticeable difference* (JND). O autor português Luís L. Henrique, em *Acústica Musical* (Henrique, 2002, p. 860), utiliza-se do termo “diferença mínima perceptível” e mantém a sigla em inglês, JND.

Como vimos, músicos experientes são capazes de perceber diferenças muito sutis de frequência entre sons consecutivos, porém, qual seria a sensibilidade de músicos para perceber flutuações graduais na altura de sons ao longo de uma peça? Madsen e Geringer (2004) realizaram um estudo no qual solicitaram a 72 estudantes de pós-graduação e anos finais de graduação em música que escutassem a uma gravação do primeiro movimento da Sinfonia Nº 104 “Londres” de J. Haydn. Os estudantes foram divididos aleatoriamente em três grupos de 24 participantes cada. Um grupo escutou à gravação original, sem qualquer edição. Os outros dois grupos escutaram gravações que foram alteradas, de forma que subiam ou baixavam a altura geral em um *cent* a cada 1,2 segundo (um quarto de tom a cada minuto). A magnitude total de alteração foi de três semitons, distribuídos ao longo dos seis primeiros minutos da gravação (a duração total era de 8’56 minutos). Ao final do experimento, os participantes responderam a uma série de questões, sendo que a última delas perguntava se haviam percebido alguma alteração ao longo da música. Nenhum participante dos grupos que escutaram a gravação alterada manifestou percepção da modificação progressiva de altura. Este resultado reforça as evidências do campo da cognição musical de que os ouvintes tendem a “[...] privilegiar representações relativas de altura em detrimento da altura absoluta” (Trainor; Corrigan, 2010, p. 90, tradução nossa). Dessa forma, para a maioria da população, que não possui ouvido absoluto, o que mais se percebe não é a altura absoluta de cada nota, mas a relação intervalar entre elas (a próxima seção, “Altura e cognição”, abordará este tema em maiores detalhes). Outra conclusão que podemos estabelecer, e a mais óbvia, é a de que pequenos desvios da altura geral de uma performance musical, distribuídos ao longo de um trecho musical razoavelmente extenso, são consideravelmente mais difíceis de serem percebidos. Este elemento explica, por exemplo, por que a flutuação de altura é uma questão que demanda especial atenção de regentes e cantores no canto coral *a capella* (Howard, 2007; Howard *et al.*, 2013; Howard; Overy, 2020; Mauch *et al.* 2014; Seaton *et al.*, 2013).

Uma questão que gera dúvida entre professores de cordas friccionadas diz respeito ao uso do *vibrato*. Como percebemos as alturas com *vibrato*? Este recurso expressivo “mascara” a afinação? Devemos estudar escalas sem *vibrato* para desenvolver maior precisão? Estudos experimentais apontam respostas para estas questões, que variam de acordo com a metodologia empregada. Sundberg (1978, *apud* Sundberg, 2015, p. 235) realizou um experimento no qual solicitou a participantes com formação musical que ajustassem a altura de uma nota sem *vibrato* após escutá-la com *vibrato*. “Para obter total controle sobre os estímulos, foram utilizados sons

de canto sintéticos ao longo de todo o processo”³⁰ (Sundberg, 1987, p. 171, tradução nossa). Os resultados mostraram que “[...] a frequência ajustada pelos sujeitos coincide, com desvios de poucos *cents*, com a média aritmética das frequências fundamentais da nota com *vibrato*” (Sundberg, 2015, p. 235). Isso significa que, por exemplo, se um Lá₃ for cantado com um *vibrato* que oscila entre 435 e 445 Hz, a frequência percebida será de 440 Hz. Para se investigar a precisão com a qual os participantes avaliaram a altura, a bateria de testes foi repetida duas vezes. Na segunda, as notas a serem avaliadas foram emitidas sem *vibrato*. Os resultados não apresentaram diferenças significativas na precisão da avaliação de sons com e sem *vibrato*. Mais tarde, Shonle e Horan (1980, *apud* Sundberg 2015, p. 235), e Iwamiya e colaboradores (1983, *apud* Sundberg, 2015, p. 235) chegaram a resultados semelhantes. Portanto, de acordo com o autor, “[...] o vibrato não impede que percebamos a altura tonal de uma nota cantada” (Sundberg, 2015, p. 234).

Contudo, é necessário considerar a influência do *vibrato* na percepção de afinação de intervalos harmônicos (entre sons simultâneos). Como visto anteriormente, pequenos desvios na afinação justa de intervalos harmônicos produzem batimentos. De acordo com Sundberg (2015),

se, entretanto, pelo menos uma das notas de um intervalo consonante possuir vibrato, os batimentos deixam de acontecer ou de ser percebidos. Isso significa que se duas ou mais notas estiverem soando simultaneamente, e pelo menos uma delas apresentar *vibrato*, o intervalo produzido tenderá a ser sempre livre de batimentos (Sundberg, 2015, p. 236).

Portanto, embora o *vibrato* não altere a nossa percepção de afinação no valor absoluto de frequência, ele modifica o nosso julgamento na afinação de intervalos harmônicos. Para afinar intervalos harmônicos sem *vibrato*, o músico precisará ser mais preciso, caso contrário, perceberemos batimentos, logo, o nível de dificuldade da tarefa é maior. Ao afinar intervalos harmônicos com *vibrato*, a ausência de batimentos tornará pequenos desvios da afinação Justa mais “toleráveis”, facilitando a tarefa para o músico (Sundberg, 2015, p. 236).

O estudo de Geringer e colaboradores (2015), porém, traz evidências que, em parte, divergem dos achados de Sundberg (2015) mencionados nos parágrafos anteriores. Nesta pesquisa experimental os autores solicitaram a 144 estudantes de graduação e pós-graduação em Música de três universidades dos EUA que avaliassem a afinação de gravações sem

³⁰ As informações apresentadas neste parágrafo estão contidas no livro “A Ciência da Voz” (2015, Edusp), traduzido do original em sueco “Röstlära: Fakta om rösten i tal och sång” (1980, edição de 2007). Esta citação, especificamente, foi retirada da tradução para o inglês da mesma obra, “The Science of the Singing Voice” (1987, Northern Illinois University Press), e não consta na versão em português. No original: *In order to gain complete control over the stimuli, synthetic sung tones were used throughout.*

acompanhamento da canção “Brilha, Brilha, Estrelinha”, com e sem *vibrato*, em três condições: com trompete, violino e voz (soprano). Os instrumentistas e a cantora gravaram duas versões da melodia: uma com *vibrato* e outra sem *vibrato*. As gravações foram editadas digitalmente de forma que cada instrumento (ou voz) fosse apresentado de seis formas: (1-2) todas as notas afinadas em igual temperamento com e sem *vibrato*, (3-4) algumas notas altas em 25 cents com e sem *vibrato*, (5-6) algumas notas baixas em 25 cents com e sem *vibrato*. Os resultados apontaram que os participantes avaliaram as notas desafinadas mais afinadas quando a gravação continha *vibrato*, o que corrobora a ideia de que o *vibrato* ajuda a mascarar imprecisões de afinação (Geringer *et al.*, 2015, p. 681).

Não considero que os estudos sobre *vibrato* aqui citados estejam em total desacordo. Enquanto Sundberg (1978, *apud* Sundberg, 2015, p. 235) demonstra que a altura percebida de uma nota isolada com *vibrato* é a média aritmética das frequências fundamentais do som, e que, conseqüentemente, podemos perceber com clareza qual a altura em questão, Geringer e colaboradores (2015), evidenciam que, quando colocadas em um contexto musical, notas desafinadas podem não serem assim percebidas quando apresentam *vibrato*. A divergência entre os autores está nas suas conclusões, enquanto Sundberg afirma: “[...] o *vibrato* parece não ajudar um cantor a esconder erros de frequência de fonação [...]”³¹ (1987, p. 177, tradução nossa), Geringer e colaboradores afirmam: “esse resultado fornece suporte adicional para a ideia de que o *vibrato* ajuda a mascarar imprecisões de afinação [...]”³² (Geringer *et al.*, 2015, p. 681, tradução nossa).

Na seção anterior, abordamos os sistemas de afinação de forma estritamente acústica. Um passo adiante nessa discussão, então, inclui duas questões (deixando de lado os argumentos de capacidade de modulação entre tonalidades): (1) Qual a nossa capacidade de perceber as sutilezas entre estes sistemas? (2) Podemos identificar uma preferência média por um sistema ou outro? Roederer aponta dois caminhos:

1. Usar instrumentos de frequências fixas (piano, órgão) e comparar cuidadosamente as impressões subjetivas de uma determinada peça executada sucessivamente em dois instrumentos do mesmo tipo, afinados em escalas diferentes. A peça, obviamente, deve ser bem simples, sem modulações para tonalidades distantes. E o instrumento não deve apresentar decaimento nas notas (como o órgão), para que se perceba mais claramente os batimentos ou aspereza.

³¹No original: *We have seen that the vibrato does not seem to help a singer to conceal phonation frequency mistakes [...]*.

³²No original: *This result provides additional support for the idea that vibrato helps mask intonation inaccuracies [...]*.

2. Medir experimentalmente as frequências médias de entonação escolhidas por cantores ou executantes de instrumentos com alturas variáveis (cordas) e determinar se eles preferem uma escala ou outra (Roederer, 1998, p. 255).

Franz Loosen realizou três estudos com o intuito de averiguar preferências por sistemas de afinação, sendo que dois deles se adequam aos modelos sugeridos por Roederer. No primeiro deles (Loosen, 1993), o autor analisou a afinação de oito violinistas profissionais tocando uma escala de Dó Maior em três oitavas, sem cordas soltas, em três tentativas. Ele concluiu que os resultados tiveram menor correspondência com o Sistema Justo e se adequaram igualmente aos sistemas de IT e Pitagórico. Os maiores desvios de qualquer um dos sistemas aconteceram na terceira oitava (Dó₅ a Dó₆), não houve diferença estatisticamente significativa no sentido ascendente ou descendente da escala. Embora os resultados apresentem uma predominância na afinação mais alta do que o igual temperamento para os graus II a VII da escala, as oitavas não apresentaram expansão estatisticamente significativa. Estes resultados confirmam parcialmente os achados de Greene (1937, *apud* Ward, 1970, p. 417), que analisou três excertos musicais gravados por seis violinistas, sem acompanhamento. Neste estudo, o pesquisador registrou a afinação de intervalos entre notas sucessivas, sem considerar os graus da escala de tais notas. Ele concluiu que as frequências não se conformaram aos sistemas Justo e de IT, aproximando-se ao Sistema Pitagórico, com intervalos maiores sendo expandidos, menores contraídos e justos dentro dos valores teoricamente adequados.

Nickerson (1949), por outro lado, avaliou a afinação de intervalos em relação à tônica da tonalidade, e não entre notas sucessivas de uma melodia. Em seu estudo, o pesquisador solicitou a 24 integrantes de seis quartetos de cordas que tocassem os 80 compassos iniciais do segundo movimento do *Quarteto Imperador, Op. 76 N° 3*, de J. Haydn³³ sob duas condições: solo e em conjunto. O tema da peça é a canção *Deutschland Über Alles*, que tem a extensão de 20 compassos e é tocado por cada um dos integrantes do conjunto, sempre na tonalidade de Sol Maior, tendo variações apenas nas vozes que as acompanham. Nickerson obteve a frequência média da nota Sol de cada gravação e calculou os intervalos entre este valor e as frequências médias das notas Lá, Si, Dó, Ré e Mi de cada instrumento enquanto executava o tema. Os resultados demonstraram que a presença dos outros instrumentos não alterou a afinação de forma significativa comparado-se à performance solo, com exceção da terça maior (solo: 404 cents; em conjunto: 396 cents) (WARD, 1970, p. 417).

³³ Partitura disponível em: https://s9.imslp.org/files/imglnks/usimg/1/14/IMSLP479292-PMLP739337-112_IMSLP296955-PMLP481501-H_SQ_vol1_score.pdf

Este estudo, frequentemente citado, traz dados relevantes, pois foram obtidos de uma situação musical real. Porém, há de se destacar que algumas variáveis importantes não são controladas neste experimento: (1) embora a melodia seja a mesma para os quatro instrumentos (o violoncelo toca uma oitava abaixo dos violinos e da viola), o acompanhamento escrito por Haydn tem significativa variação em cada apresentação do tema, portanto, os contextos de harmonia, contraponto e textura são diferentes para cada um dos instrumentistas ao executar o tema em conjunto; (2) a afinação dos instrumentistas que tocam a melodia é influenciada pela afinação dos que tocam o acompanhamento, que é igualmente suscetível a variações.

Dando sequência aos seus estudos sobre afinação, Loosen (1994) solicitou a violinistas, pianistas e sujeitos não músicos que, utilizando um aparato eletrônico, afinassem as notas Mi, Lá e Si de uma escala de Dó Maior produzida por um computador. Os resultados apontaram que os violinistas regularam as alturas próximas do Sistema Pitagórico, enquanto os pianistas as afinaram mais próximas do sistema de IT. O sistema ao qual os músicos menos se adequaram foi o Justo. A média relativa de erro dos não músicos foi significativamente mais alta do que a dos músicos, além de não apresentarem qualquer preferência por algum dos sistemas. Em um terceiro estudo, este mesmo autor solicitou que violinistas, pianistas e não músicos indicassem, ao escutarem pares de escalas de Dó Maior, qual das duas era considerada mais afinada (Loosen, 1995). Os sujeitos não sabiam que todas as escalas estavam perfeitamente afinadas nos sistemas Pitagórico, Justo ou de IT. Os resultados novamente confirmaram a preferência de violinistas e pianistas pelos sistemas Pitagórico e de IT, respectivamente, enquanto os não músicos não apresentaram qualquer preferência. A partir dos resultados descritos acima, Loosen conclui que a preferência por um tipo de afinação “depende fortemente de experiências de aprendizagem culturalmente definidas” (Loosen, 1994, p. 225), e que os sujeitos em sua pesquisa rejeitam a afinação Justa (Loosen, 1995, p. 302).

Geringer (2018) comparou oito gravações comerciais de dois trechos das *Sonatas e Partitas* para violino solo de J. S. Bach com o objetivo de encontrar tendências similares em afinação e eventuais concordâncias com algum sistema de afinação. O pesquisador fez uma escolha deliberada por trechos sem acordes ou cordas duplas. Assim como no estudo de Nickerson (1949), os intervalos médios foram calculados entre as notas da melodia e as tônicas das respectivas tonalidades. Os resultados demonstraram que cada violinista tem suas próprias tendências, e nenhum deles demonstrou adequar-se a um sistema específico. Contudo, a afinação das quartas, quintas e oitavas justas se apresentou dentro do limiar de 4-6 cents de desvio do IT, e a afinação de terças e sextas, que tem a maior variabilidade entre os sistemas de afinação, apresentou maior tendência ao Sistema Pitagórico.

Ao revisar os resultados de quatro estudos sobre afinação, Ward afirma: “as evidências concluem que a afinação Justa simplesmente não é utilizada por estes músicos”³⁴ (Ward, 1970, p. 420, tradução nossa). Esta conclusão é, posteriormente, reafirmada por Loosen (1995, p. 302). Um artigo científico ainda do século XIX (Cornu; Mercadier, 1869 *apud* Helmholtz, 1954), porém, se contrapõe à ideia de que a afinação justa de intervalos harmônicos não seja utilizada. Nele, os autores apresentam os resultados de experimentos nos quais foram instaladas placas de estanho entre o cavalete e o tampo de violinos e violoncelos para captar as vibrações das cordas. Eles pediram aos músicos que executassem a terça de um acorde maior em uma sequência melódica e, em seguida, harmonicamente, enquanto soavam as demais notas do acorde. Melodicamente, a tendência de afinação era alta, adequando-se aos sistemas Pitagórico e de IT. Harmonicamente, os músicos afinavam consistentemente terças puras (Sistema Justo), o que evidencia a capacidade dos músicos de adequar suas afinações a contextos distintos, horizontal ou vertical. Diferentemente do estudo de Nickerson (1949) citado acima, Cornu e Mercadier (*apud* Helmholtz, 1954) investigaram o controle da afinação utilizando acompanhamentos cuja afinação é fixa e, portanto, replicável. Desta forma, os autores tiveram maior controle de uma das variáveis (a afinação do acompanhamento) que pode influenciar os resultados. Com o avanço da tecnologia, especialmente das gravações de áudio, estudos experimentais deste tipo tornam-se recorrentes ao longo do século XX.

Os estudos aqui revisados demonstram o quanto a metodologia utilizada para verificar o comportamento de afinação de músicos pode produzir evidências variadas. Por um lado, pesquisas que analisam gravações comerciais ou registros de participantes tocando (ou cantando) repertórios sem intervenções laboratoriais nos trazem informação sobre afinação dentro de um contexto “real” de performance. Por outro, é difícil determinar o quão generalizáveis são os dados de tal pesquisa, uma vez que há um menor controle de variáveis. Pesquisas laboratoriais, com variáveis mais controladas, podem se afastar da realidade prática musical, mas permitem estabelecer correlações com um maior grau de precisão.

Ward (1970, p. 420) alerta para o fato de que, apesar de uma série de estudos demonstrar que os participantes afinam terças e sextas maiores mais abertas (com a nota aguda mais alta) e que, portanto, se adequam mais ao Sistema Pitagórico, não devemos assumir que este sistema seria o preferido entre os músicos, pois mesmo os intervalos justos (quarta, quinta e oitava) tendem a ser tocados mais abertos. Ou seja, existe uma tendência geral a tocar todos os intervalos mais abertos do que no Sistema de IT, com exceção da segunda menor, que tende

³⁴ No original: *The evidence is conclusive that Just Intonation is simply not used by these musicians.*

a ser sempre mais fechada (Burns, 1999, p. 246; Roederer, 1998, p. 256). O célebre violoncelista Pablo Casals (1876-1973), em suas aulas e ensaios, era enfático ao defender o que chamava de “afinação expressiva”. David Blum registrou em seu livro *Casals and the Art of Interpretation* (Blum, 1980, p. 102–109) detalhes deste modo de afinação que o mestre catalão justificava a uma “atração gravitacional” em direção ao quarto grau (no caso das tonalidades maiores) ou ao terceiro grau (no caso das tonalidades menores) e à tônica. Sustenidos deveriam ser tocados mais altos e bemóis mais baixos. Apesar de descrever exatamente as mesmas características do Sistema Pitagórico, em nenhum momento o autor menciona este termo. Podemos, portanto, estabelecer uma relação entre as evidências científicas da tendência de afinação alta e as orientações de Casals, e construir a hipótese de que não se trata de um fenômeno fundamentado na proporção matemática entre alturas proposto por Pitágoras, mas de uma preferência, ou um gosto, de base psicológica.

Por fim, alguém pode se perguntar por que ainda se discute diferentes sistemas de afinação se, há 200 anos (aproximadamente), o Igual Temperamento tem sido o padrão para os instrumentos temperados, acústicos ou sintetizados. Se o Igual Temperamento do piano não nos incomoda, por que simplesmente não aprendemos a afinar neste sistema? Podemos elencar, pelo menos, duas respostas a esta pergunta. A primeira é cultural: nos acostumamos a ouvir o serem tocados acordes no piano ligeiramente “desafinados” e aceitamos isto como o normal. A segunda é acústica: refere-se ao “tempo de decaimento extremamente curto das notas em causa [do piano], o que não permite que os sons de uma melodia se sobreponham” (Henrique, 2002, p. 958). Instrumentos de cordas friccionadas, sopros e o canto, ao contrário, podem sustentar, ou até aumentar, a intensidade de uma nota depois do seu ataque. A sobreposição dos sons destes instrumentos faz com que os batimentos sejam consideravelmente mais perceptíveis. Talvez esta característica acústica do piano (o decaimento rápido) explique a opinião de Casals: “[...] quando instrumentos de teclas e cordas tocam juntos, a discrepância entre afinação expressiva e de Igual Temperamento é facilmente tolerável. Exceto em passagens uníssonas, ele acreditava que era desnecessário e desmotivante para o músico de cordas se ajustar ao IT”³⁵ (Blum, 1980, p. 109).

Quanto ao uso da afinação justa nos instrumentos de cordas friccionadas, podemos nos perguntar: em quais situações musicais práticas esta forma de afinar intervalos seria empregada? De acordo com Jensen e Chung (2017, p. 6), seria na afinação de cordas duplas e

³⁵ No original: [...], *the discrepancy between expressive and equal-tempered intonation is easily tolerable. Except in unison passages, he believed it unnecessary and devitalizing for the string player to adjust to equal-tempered pitch.*

acordes³⁶. Porém, se levarmos em consideração o fato de que o *vibrato* impede a ocorrência de batimentos em intervalos harmônicos, como afirma Sundberg (2015, p. 236), e que a amplitude de frequências do *vibrato* vai bem além das diferenças de frequência entre sistemas de afinação (Roederer, 1998, p. 257), devemos acrescentar mais este elemento à resposta. Portanto, a afinação justa de intervalos é mais adequada para a afinação de cordas duplas e acordes sem o uso de *vibrato*. Jensen e Chung (2017, p. 6) ainda acrescentam que a afinação justa é adequada para intervalos melódicos no repertório dos períodos Barroco e Clássico, porém, observo que esta última hipótese ainda carece de evidências empíricas para avaliar o quão consistentemente esta pode acontecer na prática. O estudo de Geringer (2018) com gravações de trechos das *Sonatas e Partitas* de Bach, citado acima, não encontrou evidências para tal prática. Porém, cabe ressaltar que o autor avaliou gravações de violinistas que não se dedicam exclusivamente à interpretação historicamente informada, são eles: Heifetz, Grumiaux, Milstein, Perlman, Hahn, Midori, Barton Pine e Shaham. Um estudo com gravações de violinistas que se dedicam integralmente a práticas interpretativas do período Barroco, como Sigiswald Kuijken, Amandine Beyer e Shunsuke Sato, poderia levantar evidências distintas em relação ao uso da afinação justa em intervalos melódicos.

3.4 Altura e cognição

Na seção anterior, vimos que a afinação contempla, basicamente, duas habilidades: (1) discriminação e (2) correlação de altura. Então, podemos dizer que um músico precisa conseguir (1) reconhecer se o seu próprio som está igual, mais alto ou baixo em relação a outra referência sonora e (2) ajustar a altura do seu próprio som em relação a outra referência sonora. Embora os instrumentos de cordas friccionadas sejam essencialmente utilizados em conjuntos, grande parte da sua prática é realizada individualmente. Desta forma, podemos questionar: como acontece a discriminação e a correlação de altura na “solidão” da prática deliberada? Alguns autores sugerem que o instrumentista deve ouvir internamente o som que será produzido antes que ele aconteça. Em *Cello Technique: principles & forms of movement*, Gerhard Mantel (1995)³⁷ defende que uma “concepção de objetivo” (*goal conception*, em inglês) é pré-condição para a precisão dos movimentos ao tocar violoncelo (p. 7). De acordo com o autor,

³⁶ Acordes em um só instrumento ou em um conjunto de câmara sem instrumento de afinação temperada, como o quarteto de cordas.

³⁷ A primeira edição deste livro, em alemão, *Cellotechnik: Bewegungsprinzipien und Bewegungsformen*, é de 1972.

Esses três fatores, conceito musical, condicionamento físico e exigências do instrumento, levam à concepção do objetivo. Essa concepção inclui a posição no espelho e a altura preconcebida. Baseia-se também na memória do movimento necessário. Para a mão esquerda essa concepção de objetivo antecipa³⁸ o fim do movimento, enquanto para a direita controla o curso do movimento. [...] Para tocar uma mudança de posição de uma oitava em uma corda, primeiro imagina-se o som acusticamente e, em seguida, desliza-se em direção a ele no espelho³⁹ (Mantel, 1995, p. 16 e 4, tradução nossa).

A violoncelista da Filarmônica de Nova York e professora da Manhattan School of Music, Evangeline Benedetti, em seu livro *Cello, bow and you: putting it all together* (2017), segue a mesma linha de Mantel (1995), enfatizando a importância de uma “imagem sonora”. A autora escreve:

Onde estão as notas na lousa em branco do espelho? Como são encontradas? E uma vez encontradas, como elas são encontradas de novo e de novo? [...] No entanto, antes de responder a essas perguntas, há uma ainda mais importante: como saber qual altura tocar? A resposta é a imagem sonora. Sabemos que a altura está certa quando esta combina com a imagem sonora. Devemos ouvir claramente a altura interiormente e depois duplicá-lo no violoncelo⁴⁰ (Benedetti, 2017, p. 41, tradução nossa, grifo nosso).

A partir das afirmações acima, podemos concluir que o exercício de discriminação e correlação de altura ao praticarmos individualmente dá-se em relação a uma referência estabelecida em nossa memória. É necessário salientar que, como afirmam Trainor e Corrigan (2010), “embora a música seja baseada na modalidade auditiva, o aprendizado de um instrumento musical proporciona intensa experiência multisensorial que integra o processamento motor com informações auditivas, visuais, táteis e proprioceptivas⁴¹” (p. 92, tradução nossa). Portanto, uma boa afinação não é fruto apenas de habilidades aurais, mas também do processamento de todas as informações sensoriais disponíveis ao instrumentista, como evidenciado na pesquisa de Borém e colaboradores (2006), e que discutirei em *Performance musical e aprendizagem motora*. A presente seção busca elucidar a questão

³⁸ Para uma discussão sobre antecipação de movimentos no campo da aprendizagem motora, ver Schmidt e Lee (2016, p. 31-5)

³⁹ No original: *These three factors, musical concept, physical conditioning, and the demands of the instrument, lead to the goal conception. This conception includes the position on the fingerboard and the preconceived pitch. It is also based on memory of the requisite movement. For the left hand this goal conception anticipates the end of the movement, while for the right it controls the course of the movement* (p. xvi). [...] *To play an octave shift on one string, one first imagines the pitch acoustically and then slides toward it on the fingerboard* (p. 4).

⁴⁰ No original: *Where are the notes on the blank slate of the fingerboard? How are they found? And once found, how are they found again and again?* [...] *However, before answering these questions, there is an even more important one: How do we know which pitch to play? The answer is the sound image. We know that the pitch is right when it matches the sound image. We must clearly hear the pitch inwardly and then duplicate it on the cello.*

⁴¹ No original: *Although music is based in the auditory modality, learning a musical instrument provides intense multisensory experience that integrates motor processing with auditory, visual, tactile, and proprioceptive input.*

levantada por Benedetti (2017): “como saber qual altura tocar?”. Para isso, busco suporte teórico em obras de referência da cognição musical.

A altura dos sons musicais e a forma como são organizados e percebidos, tanto na tradição musical ocidental quanto em outras culturas, tem sido objeto de estudo da psicologia da música por séculos (Deutsch *et al.*, 2001). Certas evidências encontradas neste ramo da musicologia podem servir como ponto de partida para compreender a forma como processamos a altura e, conseqüentemente, a afinação.

De acordo com Trainor e Corrigan (2010, p. 90), a estrutura harmônica e melódica varia substancialmente entre sistemas musicais distintos (incluindo os de culturas não ocidentais), mas alguns princípios básicos parecem ser universais:

(1) dar destaque aos intervalos [...] cujas frequências fundamentais formam razões de números inteiros e baixos, e soam consonantes; (2) tratar notas com intervalo de uma oitava como funcionalmente equivalentes; (3) dividir a oitava em um pequeno número de notas (geralmente entre cinco e nove) que servem como alturas distintas para a composição musical; (4) ter dois ou mais tamanhos de intervalo em escalas, para que as notas da escala possam ser diferenciadas e assumir funções diferentes; e (5) privilegiar representações relativas de altura em detrimento da altura absoluta, permitindo que melodias sejam reconhecidas em diferentes alturas iniciais⁴² (Trainor; Corrigan, 2010, p. 90, tradução nossa)⁴³.

Mesmo que outros sistemas musicais apresentem intervalos diferentes dos do sistema tonal/modal, especialmente por utilizarem divisões mais estreitas que o semitom, ainda assim, oitavas (razão 2:1), quintas (3:2) e quartas justas (4:3) e terças maiores (5:4) têm destaque nas suas estruturas melódicas e harmônicas. Tal fato indica que a preferência por intervalos consonantes tem maior influência de fatores independentes de culturas específicas, que são a acústica (intensidade de batimentos entre parciais superiores) e a fisiologia humana (processamento do nervo auditivo e ouvido interno) (Palisca; Moore, 2001).

A relação entre estruturas tonais e memorização de seqüências de alturas foi discutida por diversos autores de obras de referência da cognição musical. Em uma extensa revisão de pesquisas experimentais sobre altura, Krumhansl afirma: “diversos estudos demonstraram que as estruturas musicais tais como escala, harmonia e tonalidade, influenciam o modo como

⁴² No original: (1) to give prominence to pitch intervals (the pitch distance between tones) whose fundamental frequencies stand in small integer ratios and sound consonant; (2) to treat tones an octave apart as functionally equivalent (e.g., all the Cs or all the Ds on the piano); (3) to divide the octave into a small number of notes (usually between five and nine) that serve as discrete pitches for musical composition; (4) to have two or more interval sizes in scales so that the notes of the scale can be differentiated and take on different functions; and (5) to favor relative over absolute pitch representations, allowing melodies to be recognized across different starting pitches.

⁴³ Ver também: Trainor e Zatorre (2016, p. 289), Dowling e Harwood (1986), Krumhansl e Cuddy (2010, p. 66-68), Stainsby e Cross (2016, p.73-75).

sequências de alturas mais longas são memorizadas” (2006, p. 84). Da mesma forma, Dowling e Harwood (1986), comentam: “contextos que incluem alturas fora do esquema de uma escala tonal inferida podem interferir na memória precisa e causar erros sistemáticos de julgamento”⁴⁴ (Dowling; Harwood, 1986, p. 133, tradução nossa). Pode-se encontrar conclusões semelhantes nos textos de Snyder (2016, p. 172) e Halpern e Bartlett (2010, p. 244-247).

Deutsch e colaboradores (2001) destacam um segundo aspecto que se soma àqueles citados acima (acústica e fisiologia), que é a cognição. Os autores afirmam:

[...] a "hierarquia tonal" é estabelecida na memória de longo prazo de um ouvinte através da exposição a longo prazo à música que exhibe características consistentes e sistemáticas do uso da altura, que estão em conformidade com os princípios da tonalidade ocidental⁴⁵ (Deutsch *et al.*, 2001, 2.I, tradução nossa).

Alguns autores identificam o processo descrito acima como parte da aculturação⁴⁶ musical, que independe de ensino formal (Trainor; Corrigan, 2010, p. 90; Krumhansl; Cuddy, 2010, p. 62). Ao discutir a precocidade da aculturação tonal, Robert Francès (2014) relata:

Teplov (1947) estudou 76 crianças, de 6 a 14 anos, pedindo-lhes que reproduzissem melodias ou frases melódicas. Ele observou que, mesmo nessas idades, os intervalos mais fáceis de se reproduzir eram aqueles que constituíam o quadro tonal da melodia, enquanto notas estranhas à escala diatônica e notas modulatórias criavam dificuldades. [...] Teplov também indicou, com base em um estudo de Astragus, que no canto infantil os tons afinados com maior confiança são aqueles que formam a tríade da tônica⁴⁷ (Francès, 2014, p. 92, tradução nossa).

Apesar de as evidências apontarem para o fato de que o processo de aquisição da hierarquia tonal acontece pela aculturação e não depende de educação musical formal, pesquisas também demonstram que o engajamento de crianças em aulas de música desenvolve ainda mais o processamento da altura (Trainor; Corrigan, 2010, p. 99). Além disso, “o

⁴⁴ No original: *Contexts that include pitches outside the scale schema of an inferred tonal scale can interfere with accurate memory and cause systematic errors of judgment.*

⁴⁵ No original: [...] *the 'tonal hierarchy' is established in the long-term memory of a listener through long-term exposure to music that exhibits consistent and systematic features of pitch usage that conform to principles of Western tonality.*

⁴⁶ Embora o termo “aculturação” seja frequentemente utilizado para descrever a “Ação ou efeito [...] de se adaptar a **outra** cultura” (ACULTURAÇÃO, 2023, grifo nosso), a literatura sobre cognição e percepção musical aqui citados empregam este termo como “Processo através do qual alguém passa a possuir a cultura da sociedade em que está inserido” (ACULTURAÇÃO, 2023), incluindo no escopo do termo, também, o processo de aquisição da cultura do local no qual um indivíduo **nasce** e se desenvolve.

⁴⁷ No original: *Teplov (1947) studied 76 children, 6 to 14 years old, asking them to reproduce melodies or melodic phrases. He observed that even at those ages the easiest intervals to reproduce were those that constituted the tonal framework of the melody, while notes foreign to the diatonic scale and modulating notes created difficulties. [...] Teplov also indicated, on the basis of a study by Astragus, that in children's singing the most surely intoned pitches are those that form the tonic triad.*

treinamento musical [...] ensina habilidades e estratégias para aplicar este conhecimento a problemas musicais”⁴⁸ (Krumhansl; Cuddy, 2010, p. 62, tradução nossa).

Como resultado da predisposição para destacar intervalos consonantes somada ao processo de aculturação, que levam ao estabelecimento de hierarquias tonais, temos a concepção de expectativas melódicas e harmônicas, como resumem Trainor e Zatorre (2016):

As expectativas podem surgir da abstração sensorial *feedforward*⁴⁹, do feedback de representações internas armazenadas e/ou da interação entre esses dois processos. Primeiro, com uma peça familiar, podemos fazer previsões sobre a próxima nota ou acorde, que é esperado com base em uma representação de memória de longo prazo. Em segundo lugar, quando ouvimos música em um determinado estilo, familiar ou não, podemos extrair regularidades estatísticas e fazer previsões com base nelas. Terceiro, quer uma melodia seja familiar ou não, podemos fazer previsões sobre os próximos eventos com base em nosso conhecimento das características melódicas universais. E quarto, podemos usar nosso conhecimento específico da cultura de quais notas provavelmente seguirão outras notas no estilo musical com o qual estamos familiarizados⁵⁰ (Trainor; Zatorre, 2016, p. 288, tradução nossa).

Um outro aspecto que influencia nossas expectativas melódicas é a proximidade de altura (*pitch proximity*, em inglês). Pesquisas citadas por Dowling e Harwood (1986, p. 155) concluíram que “[...] melodias ao redor do mundo utilizam intervalos curtos de uma nota para outra. [...] todas [as culturas] concordam em evitar intervalos mais amplos que quatro ou cinco semitons⁵¹” (tradução nossa). Portanto, estatisticamente, a maior parte das melodias apresenta graus conjuntos entre notas adjacentes como regra, e os saltos são exceções (Stainsby; Cross, 2013, p. 72-3). As expectativas melódicas, portanto, explicam por que músicos são capazes de avaliar e corrigir suas afinações mesmo quando uma peça não lhes é conhecida, como no caso da leitura à primeira vista, ou na improvisação.

O presente trabalho não tem como objetivo discutir questões estéticas na relação entre o processamento auditivo de alturas e a composição musical. Como destaca Roederer (1998, p.

⁴⁸ No original: *Music training is not needed to facilitate acquisition of the tonal hierarchy but, rather, teaches skills and strategies to apply this knowledge to musical problems.*

⁴⁹ O termo *feedforward* é usado para distingui-lo de *feedback* ou das qualidades sensoriais da ação em si. A informação *feedforward* representa consequências sensoriais antecipadas do movimento que devem ser recebidas caso o movimento esteja correto [...] (Schmidt; Lee, 2016, p. 68).

⁵⁰ No original: *Expectations could arise from feed-forward sensory abstraction, feedback from stored internal representations, and/or the interaction between these two processes. First, with a familiar piece, we can make predictions about the next pitch or chord that is expected based on a long-term memory representation. Second, when we hear music in a particular style, whether familiar or not, we can extract statistical regularities and make predictions based on these. Third, whether or not a melody is familiar, we can make predictions about next events on the basis of our knowledge of universal melodic features. And fourth, we can use our culture-specific knowledge of what notes are likely to follow other notes in the musical style with which we are familiar.*

⁵¹ No original: *[...] melodies all over the world use small pitch intervals from note to note. [...] all agree in avoiding intervals larger than 4 or 5 semitones.*

245), consonância e dissonância são conceitos subjetivos, e a história demonstra haver uma tolerância gradual de harmonias cada vez mais complexas. Porém, a partir da revisão aqui apresentada, podemos presumir que, para o músico que cresceu e, especialmente, foi educado musicalmente no contexto da cultura ocidental, é provavelmente menos complexo manter uma boa afinação dentro de um número mais restrito de alturas e com uma hierarquia tonal consolidada na memória de longo prazo. Em outras palavras, seria mais fácil memorizar e prever a altura de uma nota específica dentro de uma sequência diatônica tonal. Portanto, a presença de notas fora desse esquema desestabilizaria a segurança na afinação, como é o caso do cromatismo e de sistemas atonais.

3.5 Afinação e aprendizagem

É difícil determinar com exatidão quando e como uma pessoa desenvolve uma boa percepção de altura. A percepção da afinação não é uma única habilidade, mas um amálgama de diversas sub-habilidades, portanto, depende de uma série de fatores, que incluem a experiência musical (Morrison; Fyk, 2002, p. 183). Se entendermos como experiência musical o tempo de contato com esta arte, da escuta à performance em um concerto de mais alto nível profissional, então devemos considerar o ambiente musical doméstico desde a infância, passando pela musicalização infantil escolar, pela prática instrumental/vocal em contextos individuais e coletivos e pela frequência a disciplinas como Percepção Musical (treinamento auditivo e solfejo). De acordo com Sloboda,

Durante o terceiro e o quarto ano de vida, a criança desenvolve sua capacidade imitativa a ponto de conseguir repetir canções inteiras. Geralmente ela adquire o domínio do ritmo e do contorno melódico antes da habilidade de reproduzir intervalos precisos e manter uma mesma tonalidade no decorrer de uma canção (Sloboda, 2008, p. 271).

É possível presumir, portanto, que não há uma única resposta para se explicar a excelência ou a inaptidão quanto à afinação. “[...] O professor inteligente tem mais chances de tirar proveito de uma compreensão maior dos processos psicológicos subjacentes a determinada habilidade do que de uma receita qualquer obtida através de um treinamento específico” (Sloboda, 2008, p. 261).

Antes de o ensino de música na Europa ser institucionalizado por meio da disseminação dos conservatórios, jovens aspirantes ao ofício da música, assim como ocorre em outras profissões, quando não tinham seus mestres dentro de suas próprias famílias,

procuravam-nos para frequentar suas casas e conviver com esses tutores diariamente, junto com outros aprendizes. A aquisição de conhecimento e habilidades resultava de um processo natural, em que dúvidas eram sanadas à medida que surgissem, sem o rigor de um currículo pré-definido. Aprendizes mais experientes conviviam com menos experientes, e dessa interação ambos se beneficiavam (Santos, 2011, p. 28–35).

A precisão da altura é facilitada por modelos claros (Morrison; Fyk, 2002). Shinichi Suzuki, com seu método fundamentado na “analogia à aprendizagem da linguagem”, enfatizava que boas condições ambientais favorecem o desenvolvimento infantil em diversos aspectos (Suzuki, 1994, p. 22). Neste sentido, orientava os pais a enriquecer o ambiente musical dos filhos ainda antes dos três anos de idade. O Método Suzuki foi a primeira abordagem de ensino instrumental a ter gravações de áudio como parte central de sua rotina. Os primeiros discos de 78 rotações foram lançados ainda na década de 40 (Thibeault, 2018). A escuta das gravações do repertório a ser aprendido, assim como da “boa música” em geral, é parte fundamental do Método Suzuki (Saa, 2003, p. 5-6). Através deste hábito, a criança passa a ter familiaridade com um “ideal” sonoro, no qual, entre outros aspectos, está a afinação. Podemos, com isso, afirmar que Suzuki trouxe inovações ao ensino instrumental, não só pela sua abordagem filosófica, que transcende aspectos técnicos e musicais, trazendo a família para participar ativamente do processo de aprendizagem, mas também por incluir a tecnologia como facilitador deste processo.

“A implementação bem-sucedida de qualquer estratégia eficaz de ensino ou prática inclui necessariamente feedback”⁵² (Morrison; Fyk, 2002, p. 194, tradução nossa). O auxílio do professor para fornecer *feedback* aos seus alunos quanto às suas performances, no entanto, é limitado. As aulas de instrumento são apenas uma fração do tempo de prática dos músicos em formação. No restante do tempo, a prática acontece individualmente ou em conjuntos, orquestrais ou de câmara, em que o foco é menos específico em necessidades individuais. O recurso do afinador eletrônico pode ser potencialmente útil na prática individual. No livro *Instrumental Music Education: Teaching with the Musical and Practical in Harmony*, Feldman e colaboradores (2015) afirmam:

Afinadores eletrônicos são recursos extremamente úteis, mas não curam todos os problemas de afinação. Isto porque: [1] estão em igual temperamento, então, não se ajustam às sutilezas da afinação justa; [2] ensinam os estudantes

⁵² No original: *The successful implementation of any effective teaching or practice strategy necessarily includes feedback.*

que afinação é algo para se ver, em vez de algo para se escutar⁵³ (Feldman *et al.*, 2015, p. 247, tradução nossa).

Afirmações no mesmo sentido podem ser encontradas em *The Teaching of Instrumental Music* (Colwell; Hewitt; Fonder, 2018, p. 119) e em relatos publicados nas revistas *American String Teacher* (Watkins, 2004; Whitcomb, 2007, 2017) e *Music Educators Journal* (Griswold, 1988).

A afinação, nos instrumentos de cordas, tradicionalmente se ancora em dois referenciais sensoriais: propriocepção⁵⁴ e audição (Lage *et al.*, 2002, p. 24). O uso de fitas ou outros tipos de guias visuais no espelho dos instrumentos de cordas friccionadas é recomendado por pedagogos consagrados como Suzuki (1991), Rolland (1974, p. 61) e Sassmannshaus (2009, p. 4). Sobre esse recurso, Feldman faz a seguinte observação:

Muitos professores de cordas usam fitas ou pontos afixados no espelho (*à la frets*) para promover uma boa afinação nos estágios iniciais do desenvolvimento da mão esquerda. Outros acreditam que o uso de fita faz com que os alunos vejam a afinação como uma habilidade visual em vez de aural, e que ensina o ajuste inflexível do igual temperamento. A ironia desta última visão é que os alunos com um senso de altura mais discriminante são aptos a gravitar para as notas desafinadas que seus colegas de classe tocam. Suas habilidades de escuta os levam a tentar combinar os sons que ouvem, estando o modelo certo ou errado. No entanto, com a fita no lugar, os alunos com menos experiência ganham confiança à medida que aprendem os sons adequados de alturas relativamente afinadas (dizemos “relativamente afinadas” porque a fita não se move de acordo com o contexto harmônico)⁵⁵ (Feldman *et al.*, 2015, p. 246, tradução nossa).

Gerhard Mantel em seu recente livro “Intonation: Spielräume für Streicher” (2021) (“Afinação: graus de liberdade para cordas”, em tradução literal), manifesta opinião no mesmo sentido:

Há uma discussão veemente sobre se pequenos adesivos no espelho para apoio visual são ou não legítimos nas lições iniciais. Algumas crianças (o autor

⁵³ No original: *Tuners are extremely useful devices, but they are not cure-alls for intonation problems. This is because: - they are equally tempered, so they do not adjust for the subtleties of just intonation; - tuners teach students that intonation is something to see, rather than something to hear.*

⁵⁴ “Esse termo refere-se à sensação dos movimentos das articulações, tensões nos músculos e assim por diante, fornecendo informações sobre o estado das partes do corpo em relação umas às outras e em relação ao ambiente” (Schmidt; Lee, 2016, p. 65). É comum os professores de violoncelo se referirem à propriocepção como “memória muscular”.

⁵⁵ No original: *Many strings teachers use tapes or dots affixed to the finger board (à la frets) to promote good intonation in the early stages of left hand development. Others believe that using tape causes students to view intonation as a visual skill instead of an aural one, and teaches the inflexible tuning of equal temperament. The irony of the latter view is that students with a more discriminating sense of pitch are apt to gravitate to the out-of-tune notes that their classmates play. Their listening skills lead them to attempt to match the sounds they hear, whether the model is right or wrong. However, with the tape in place, students with less experience gain confidence as they learn the proper sounds of relatively in-tune pitches (we say relatively in tune because the tape doesn't move according to harmonic context).*

frequentou suas primeiras aulas aos oito anos de idade) ainda são bastante inseguras para escolher alturas precisas apenas pelo ouvido e precisam da ajuda do professor - e talvez também do olho. O argumento de que a cabeça teria que virar para o lado com esse método ou que tais marcações não poderiam ser vistas no violino, de qualquer maneira, não é convincente: trata-se apenas de armazenar impressões ópticas em uma fase inicial temporária. Portanto, propõe-se aqui, dependendo da habilidade de afinação de uma criança, manter e remover tais marcações várias vezes, alternadamente, por um curto período de tempo. Não há razão para renunciar às informações que nossos sentidos oferecem ao aprender⁵⁶ (Mantel, 2021, p. 125–6, tradução nossa).

A utilização de notas pedal é recomendada por autores de obras de referência no ensino instrumental, especialmente para o desenvolvimento da afinação justa (Colwell; Hewitt; Fonder, 2018, p. 119; Feldman *et al.*, 2015, p. 249). Dois estudos experimentais com o uso de notas pedal, realizados com alunos de cordas friccionadas que receberam instrução através de ensino coletivo em escolas públicas dos EUA, revelaram que não houve melhora na afinação de escalas. A pesquisa de Laux (2015) contou com participantes com 2 anos de estudo (em média) nos seus instrumentos, e a de Zabanal (2019), com estudantes com média de 5 anos de estudo. Ambos os autores consideraram que essa estratégia de prática pode não ser adequada para alunos nestes estágios de aprendizagem.

Essa opinião vai ao encontro do modelo de Morrison e Fyk, que “[...] propõe uma visão de como o desenvolvimento de habilidades de manipulação da altura acompanha o crescimento do contexto musical de um jovem músico”⁵⁷ (Morrison; Fyk, 2002, p. 191, tradução nossa). Segundo este modelo, representado na Figura 6, o desenvolvimento musical é caracterizado por quatro estágios: (1) No nível mais básico, o aprendiz foca sua atenção apenas em si mesmo (*Self Interno*) e suas ações, na manipulação do instrumento e na produção do som; (2) No segundo estágio, o estudante já consegue focar no resultado do processo físico, nos sons que é capaz de produzir (*Self Externo*); (3) Apenas no terceiro estágio o músico consegue combinar o som que produz com os sons acontecendo em seu entorno; (4) Por fim, o estudante é capaz não só de combinar seu som com o de outros, mas também de realizá-lo com vistas a

⁵⁶ No original: *Eine vehemente Diskussion wird darüber geführt, ob im Anfangsunterricht kleine Aufkleber auf dem Griffbrett zur optischen Unterstützung legitim sind oder nicht. Manche Kinder (der Autor gehörte bei seinem Anfangsunterricht mit acht Jahren dazu) sind bei der Wahl »sauberer« Töne nur über das Ohr noch ziemlich unsicher und brauchen die Hilfe des Lehrers - undvielleicht auch des Auges. Das Argument, der Kopf müsste bei dieser Methode verdreht werden oder man könne auf der Geige solche Markierungen ohnehin nicht sehen, ist nicht zugkräftig: Es geht nur darum, in einer vorübergehenden Anfangsphase optische Eindrücke zu speichern. Deshalb wird hier vorgeschlagen, je nach der intonatorischen Unterscheidungsfähigkeit eines Kindes solche Markierungen mehrmals alternierend kurzfristig aufzukleben und wieder wegzunehmen. Es gibt keinen Grund, beim Lernen auf Informationen zu verzichten, die unsere Sinne anbieten.*

⁵⁷ No original: *The following model proposes a view of how development of pitch manipulation skills parallels the growth of a young musician's musical context.*

um ideal musical, que engloba expressividade e padrões históricos e culturais. Portanto, podemos presumir que as amostras utilizadas nas pesquisas de Laux (2015) e Zabanal (2019) encontram-se entre os estágios 1 e 2 do modelo de Morrison e Fyk (2002, p. 191), e por isso a utilização de notas pedal não se demonstrou eficaz. “Pesquisas futuras deveriam considerar o uso de músicos universitários ou profissionais como participantes para determinar se a prática com um acompanhamento de notas pedal tem algum efeito em sua afinação”⁵⁸ (Zabanal, 2019, p. 57).

Figura 6 - Modelo da relação Desenvolvimento Musical x Manipulação da Altura de Morrison e Fyk



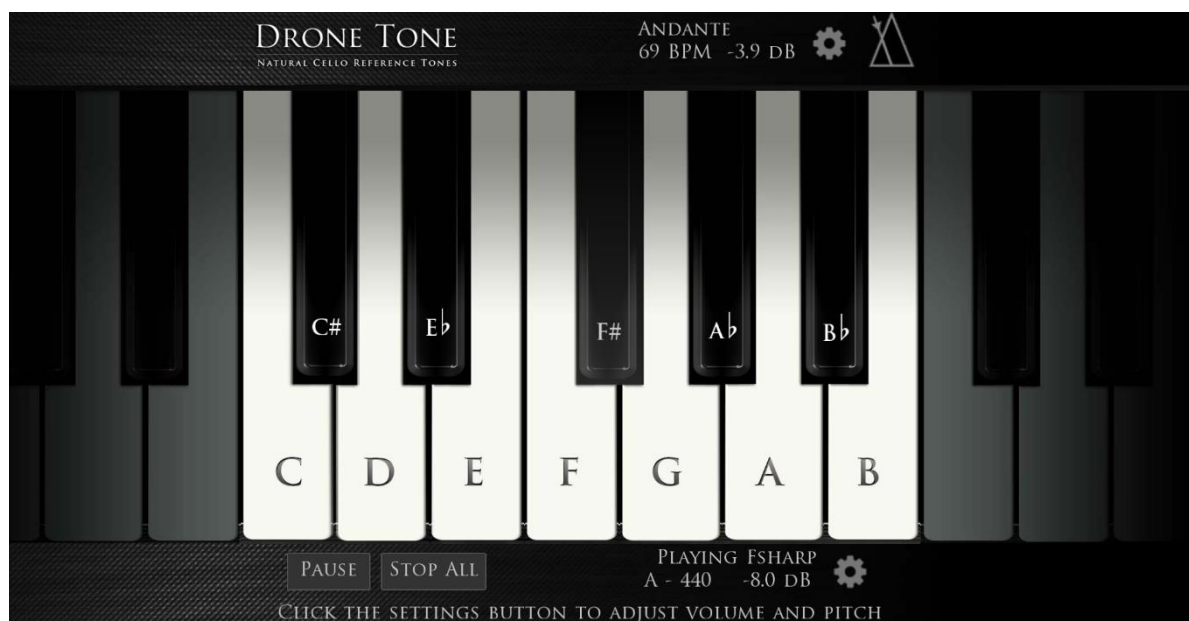
Fonte: Morrison e Fyk (2002, p. 191, tradução nossa)

Vale destacar que a escolha do timbre da nota pedal é relevante para uma prática eficaz. Afinadores eletrônicos e metrônimos digitais, em geral, utilizam sons puros como “diapasão”,

⁵⁸ No original: *Future research should consider using collegiate or professional musicians as participants to determine whether performing with a drone accompaniment has an effect their intonation.*

e, portanto, não geram batimentos na afinação de intervalos que não sejam o uníssono (ver Seção 3.1). O CD *Cello Drones for tuning and improvisation*⁵⁹ (Sloane, 2003), atualmente disponível nas plataformas de *streaming*, contém 12 faixas, com duração de seis minutos cada, nas quais soam pedais com um timbre acústico de violoncelo sem *vibrato* editado digitalmente. Estes pedais, com riqueza de harmônicos superiores, permitem uma percepção clara da afinação, especialmente dos intervalos consonantes. Ao combinar a utilização de um afinador eletrônico para conferir a frequência, uníssonos, oitavas, quintas e quartas justas confirmam a expectativa, indicando desvios muito próximos de zero *cents*. Também é possível comparar a percepção da afinação de terças em Igual Temperamento e Justas. Outro recurso com as mesmas características de timbre é o aplicativo para *smartphones* “*Drone Tone*” (Roberts IV, 2023). Por ser específico para este fim, o aplicativo apresenta algumas vantagens em relação aos pedais em plataformas de *streaming*: não necessita de acesso à *internet* e sua interface com um teclado de piano agiliza a mudança de pedais (Figura 7).

Figura 7 – captura de tela do aplicativo *Drone Tone* para *smartphones*



Fonte: *Drone Tone* para Android.

De acordo com Stowell (1992, p. 232), a prática de duetos contribui para a conquista de uma afinação precisa e exercita diversas questões de técnica básica. A parte de segundo violino guia o estudante em aspectos como ritmo, harmonia, estilo e expressão. Na literatura

⁵⁹ Disponível em: <<https://open.spotify.com/intl-pt/album/2gkKIUurA3LLs7ULGxNbmR?si=yJd9TdjFR6-babyV0s4vnA>>; <<https://www.youtube.com/playlist?list=PL-DyGoFkAJ1GRwBhUD4AOTewsr6l-x8qe>>.

pedagógica do violoncello, podemos encontrar este recurso em métodos como os de Tillière (1764), Duport (1806), Dotzauer (1832), Popper (1911), Feuillard (1925) e Mooney (2000).

4 PRÁTICA DELIBERADA

De acordo com diferentes dicionários, pode-se definir o termo “*expertise*” como a definição de um alto nível de conhecimento, habilidade, competência, experiência, sabedoria e criatividade de um especialista (Expertise, 2015; Expertise, 2023a; Expertise, 2023b). No caso específico da música, Sloboda (2008) afirma que o *expert* é claramente alguém que possui mais do que habilidades técnicas, “ele atinge o nível de *expert* demonstrando sem falhas todas essas habilidades ao mesmo tempo, e subordinando-as à estrutura geral da composição musical” (Sloboda, 2008, p. 121). O autor também destaca entre os músicos *experts* a capacidade de aprender novas peças rapidamente, ter coerência de estrutura em sua interpretação, controle sobre velocidade, dinâmica, altura e timbre de forma expressiva (p. 126-130).

Até que ponto a *expertise* depende de condições inatas (talento) ou ambientais (educação e treinamento)? Não há resposta simples para tal questionamento, e por isso diversos pesquisadores (cientistas comportamentais, neurocientistas e geneticistas) têm se empenhado em compreender este fenômeno (Plomin, 2018, p. 14). Independentemente do peso que diferentes linhas de pesquisa dão a cada um desses fatores, é possível dizer que há um consenso de que a prática tem um papel central para se atingir a *expertise* na performance musical (Burgoyne; Hambrick; Harris, 2022). Não à toa, as principais obras de referência em Performance Musical têm capítulos dedicados a este tema: Barry e Hallam (2002); Clark, Lisboa e Williamon (2014); Jørgensen (2004); Jørgensen e Hallam (2016); Lehmann, Sloboda e Woody (2007); Miksza (2022); Papageorgi (2014); Wise, James e Rink (2017).

Além da grande quantidade de prática, é necessário também que haja qualidade na utilização deste tempo. Portanto, boas estratégias são fundamentais para desenvolver a *expertise* (Barry; Hallam, 2002; Jørgensen; Hallam, 2016; Miksza, 2022). Diferentemente de outras áreas, nas quais o objetivo também é o alto desempenho, a prática na performance musical é supervisionada por um professor, em geral, por uma hora, em aulas individuais. No restante do tempo, os estudantes de música praticam sozinhos. Nos esportes, a regra é que atletas devem praticar sempre com a supervisão de um ou mais técnicos, que controlam desde a preparação física à preparação psicológica e nutricional. Infelizmente, no caso da música, os recursos externos são significativamente mais restritos (Miksza, 2022).

Em um estudo que avaliou a prática de violinistas e pianistas Ericsson, Krampe e Tesch-Römer (1993) descreveram a “Prática Deliberada” como uma série de atividades de aprendizagem prescritas por professores a partir de objetivos específicos. Comparando com outros tipos de prática, uma atividade puramente lúdica ou um *hobby*, por exemplo, não têm

um objetivo específico e são inerentemente agradáveis. Já o trabalho remunerado tem motivações externas ao indivíduo. Nele, já é esperado que o sujeito apresente proficiência nas tarefas que exerce, os prazos para realização das tarefas são limitados e, em geral, não há tempo de testar novos métodos sem garantia de sucesso para atingir bons resultados, então, recorre-se aos mesmos procedimentos já consagrados. Em contrapartida, a Prática Deliberada inclui atividades altamente estruturadas, especialmente desenvolvidas para melhorar o nível de performance em que está o indivíduo (Ericsson; Krampe; Tesch-Romer, 1993, p. 368).

Sujeitos que pesquisam constantemente por novos métodos ou por maneiras de aperfeiçoar métodos já existentes para melhorar a sua performance costumam obter progressos evidentes. O papel do professor, ou instrutor, também é importante para a Prática Deliberada. Esse profissional tem a função de avaliar o desempenho de seus alunos e fornecer *feedback* informativo e instruções explícitas sobre a melhor estratégia a seguir. Cabe a ele também a decisão sobre quando prosseguir para a realização de tarefas mais complexas e desafiadoras. Devido ao custo elevado da instrução individual, grande parte dessas atividades é realizada pelos alunos, sem supervisão, no período entre uma aula e outra (Ericsson; Krampe; Tesch-Romer, 1993, p. 267).

Praticar sem boas estratégias pode levar à fixação de erros técnicos e maus hábitos de postura e movimento. Nesses casos, a correção e a reaprendizagem técnica pode tomar muito tempo, o que leva à perda de motivação, ao estresse e ao *burnout*. Para evitar tais desgastes e obter melhores resultados com o tempo investido em prática, Miksza (2022) sugere:

É necessário considerar brevemente a arquitetura cognitiva humana que os aprendizes possuem ao explorar que tipos de abordagens podem levar mais efetivamente a uma aprendizagem eficiente durante a prática deliberada. Trabalhar a partir de um modelo teórico de como os alunos atendem, codificam, armazenam e recuperam informações e reconhecem as restrições sobre tais processos pode ser valioso ao projetar estratégias de aprendizagem⁶⁰ (Miksza, 2022, p. 157, tradução nossa).

4.1 Performance musical e aprendizagem motora

Em artigo para a revista *Per Musi*, Lage e colaboradores (2002) traçam diversos paralelos entre os campos da Aprendizagem Motora e da Performance Musical.

⁶⁰ No original: *It is necessary to briefly consider the human cognitive architecture that learners possess when exploring what sorts of approaches may most effectively lead to efficient learning during deliberate practice. Working from a theoretical model of how learners attend to, encode, store, and retrieve information and recognizing the constraints upon such processes can be valuable when designing learning strategies.*

A performance musical envolve atividades com uma alta demanda de habilidades cognitivo-motoras e capacidades percepto-motoras. Por isso, a aprendizagem motora, que vem se consolidando há mais de um século, enquanto área científica, é de particular interesse para o performer e o professor de música (Lage *et al.*, 2002).

De acordo com Schmidt e Lee (2016, p. 178), a “*aprendizagem motora* é um conjunto de processos associados à prática ou experiência que leva a ganhos relativamente permanentes na potencialidade para a performance qualificada”. Das diversas temáticas abordadas por essa área, destaco três que considero relevantes para esta pesquisa: *feedback*, atenção e memória.

4.1.1 *Feedback* e informação sensorial

Para uma performance habilidosa bem-sucedida, é crucial que o sujeito da ação consiga detectar, perceber e usar as informações sensoriais de forma eficiente. As fontes de informação sensorial podem ser proprioceptivas ou exteroceptivas. A *propriocepção* “refere-se à sensação dos movimentos das articulações, tensões nos músculos e assim por diante, fornecendo informações sobre o estado das partes do corpo em relação umas às outras e em relação ao ambiente” (Schmidt; Lee, 2016, p. 65). A *exterocepção* fornece informação ao sistema nervoso sobre o estado do ambiente no qual a pessoa se encontra. De acordo com Schmidt e Lee (2016, p. 65), para o desempenho motor, a mais importante fonte de informação exteroceptiva é a visão, a segunda é a audição⁶¹ e, no caso da performance instrumental, podemos incluir um terceiro sentido essencial, o tato (Borém; Lage, 2019; Lage *et al.*, 2002).

O termo *feedback inerente* (ou *intrínseco*) “[...] é usado para situações em que, durante o movimento, surgem sensações porque o corpo está se movendo, o que produz informações que são ‘retroalimentadas’ para o executante” (Schmidt; Lee, 2016, p. 64). Por exemplo, quando mudamos a posição da mão esquerda ao longo do espelho do violoncelo durante a performance, a informação está disponível a partir dos músculos que se contraem, e há mudanças no que vemos, ouvimos e sentimos pelo tato enquanto a mão se move. Essas sensações fornecem informações “naturalmente” sobre o desempenho da tarefa motora. Já o *feedback aumentado* (ou *extrínseco*) se refere à informação fornecida ao aprendiz após a realização de uma tarefa, que pode ser comunicada verbalmente pelo instrutor ou detectada através de aparato tecnológico (como gravações em vídeo ou áudio) ou de instrumentos de medida (como, no caso dos esportes, o cronômetro e a fita métrica).

⁶¹ Os autores se referem ao processamento motor em geral, não à performance musical, na qual, provavelmente, esta ordem de importância é passível de discussão.

Borém *et al.* (2006) realizaram um estudo experimental, no qual solicitaram a oito contrabaixistas que tocassem uma sequência melódica atonal, em três situações distintas. Na primeira (*tentativa livre*), os participantes não recebiam qualquer orientação dos pesquisadores, podendo utilizar todas as suas fontes sensoriais, de acordo com suas experiências prévias. Na segunda (*tentativa com restrição máxima*), todos os sentidos exteroceptivos foram restringidos: a audição, por meio de fones de ouvido com ruído rosa; a visão, com a utilização de uma viseira de visão periférica limitada; e o tato, com pequenas almofadas que alteraram os pontos de contato referenciais. Dessa forma, restou apenas o sentido da cinestesia para orientar os movimentos da mão esquerda dos músicos. Na terceira situação (*tentativa integrada*), os participantes foram orientados pelos pesquisadores a utilizar novamente todas as suas informações sensoriais, mas, desta vez, com instruções sobre os pontos de busca visual (três pequenos pontos pintados no espelho do contrabaixo) e sobre os pontos de busca tátil. Todas as tentativas foram captadas em áudio e analisadas por um programa extrator de frequência. Os resultados apontaram um desempenho superior na *tentativa integrada*, seguida da *tentativa livre*. A *tentativa com restrição máxima* apresentou um resultado significativamente inferior às outras.

A utilização de informação visual e tátil também resulta em padrões de *overshoot* abaixo do limiar de diferença (LD) da percepção humana entre dois sons consecutivos, enquanto a não utilização dessas referências sensoriais resulta em padrões de *undershoot* acima do LD (Borém; Lage, 2019). Torna-se evidente, portanto, que quanto maior forem as fontes de informação sensorial, maior será a precisão da afinação, o que também é defendido pelo violoncelista Gerhard Mantel em seu recente livro *Intonation: Spielräume für Streicher* (2021, p. 125-131).

4.1.2 Atenção e memória

Para Magill (2000, p. 108), “quando o termo é utilizado no contexto do desempenho humano, a *atenção* se refere ao envolvimento das atividades perceptivas, cognitivas e motoras associadas ao desempenho de habilidades”. Na visão de Schmidt e Lee (2016, p. 41), “[...] a atenção é um recurso (ou ‘conjunto’ de recursos ligeiramente diferentes) que está disponível e que pode ser usado para várias finalidades”. Lopes e Lage (2017) trazem para o campo da performance musical um conceito que pode ser de grande relevância, tanto para a sua pedagogia quanto para o preparo de repertório avançado, que é o *esforço cognitivo*. Comum na área das ciências do movimento, mais especificamente do controle motor, o esforço cognitivo

“representa a quantidade de trabalho mental envolvida na percepção, tomada de decisão e planejamento que levam à execução de uma habilidade motora” (Lopes; Lage, 2017, p. 317) (ver também, Miksza, 2022, p. 158–9).

Dependendo da tarefa a ser desenvolvida, o esforço cognitivo pode ser maior ou menor, e este é um recurso mental finito que varia de acordo com o indivíduo (Lopes; Lage, 2017, p. 317). Assim, à medida que a dificuldade de uma tarefa aumenta, “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 *apud* Lopes; Lage; Borém, 2020). Utilizando a prática do violoncelo como exemplo, é possível presumir que tocar uma nota longa utilizando o arco do talão à ponta é uma tarefa que exigirá de um iniciante atenção ao ângulo, ponto de contato, velocidade e peso do arco, assim como à coordenação entre as articulações do ombro, cotovelo, pulso e dedos. Portanto, essa ação provavelmente exigirá deste aprendiz um alto esforço cognitivo, enquanto, para um violoncelista experiente, será uma tarefa simples, na qual não será necessário concentrar atenção a todos os detalhes do movimento do braço direito, podendo o músico focar sua atenção no som em si, em sua afinação, timbre e intensidade. Em contrapartida, tocar um trecho de obra para solista, de andamento rápido, com ritmos e golpes de arco complexos, mudanças de posição e extensões da mão esquerda, exigirá atenção a uma série de habilidades motoras e perceptivas, tornando a leitura à primeira vista de tal trecho uma tarefa de alto esforço cognitivo, mesmo para um instrumentista muito experiente.

A compreensão dos sistemas de memória também pode contribuir para uma melhor estruturação da prática. A *memória de curto prazo* (MCP), também conhecida como *memória de trabalho*, tem a capacidade de reter informação por aproximadamente um minuto e é limitada a quatro “porções” de informações novas, em média. Neste tipo de memória, as informações são retidas durante o período em que se dá atenção a elas. A partir do momento em que a atenção se volta para outra tarefa, a informação é facilmente esquecida. Quando uma informação é guardada de forma que pode ser acessada a qualquer momento, mesmo passado muito tempo, diz-se que esta foi armazenada na *memória de longo prazo* (MLP) (Miksza, 2022, p. 158; Schmidt; Lee, 2016, p. 35). Por exemplo, se uma passagem musical complexa não é possível de ser interpretada “à primeira vista”, então, o músico, em sua sessão de prática, analisa as dificuldades e repete o trecho algumas vezes até que consiga executá-lo de forma satisfatória. Se, ao final da sessão, este músico tentar tocar a peça do início ao fim e cometer erros no trecho em questão, isso significa que a sequência de movimentos corretos havia sido guardada na memória de curto prazo, e não na memória de longo prazo. Para que haja uma transferência da

MCP para a MLP, será necessária uma quantidade maior de prática, distribuída ao longo de alguns dias, ou até semanas, e com estratégias variadas.

O mesmo processo vale para a aquisição de habilidades técnicas gerais. Como no exemplo dado anteriormente, sustentar uma nota longa no violoncelo costuma ser uma tarefa complexa para um instrumentista iniciante. Em contrapartida, para um violoncelista experiente, tal tarefa é executada facilmente, pois está bem gravada na sua MLP. Podemos deduzir, então, que quando praticamos exercícios e estudos, estamos adquirindo ou reforçando memórias de longo prazo, para que sejam acessadas quando assim o repertório exigir. De acordo com Miksza (2022),

quando a informação na memória de longo prazo é recuperada na memória de trabalho, ela praticamente não consome recursos cognitivos e pode ser embelezada e construída com novas informações, fornecendo o mecanismo pelo qual o aprendizado pode melhorar continuamente as habilidades de desempenho⁶² (Miksza, 2022, p. 159, tradução nossa).

O conhecimento guardado na MLP pode ser de dois tipos: explícito ou implícito. O primeiro é mais declarativo, verbalizável e consciente. Por exemplo, saber que, para alcançar as posições mais altas da mão esquerda no violoncelo é necessário que o cotovelo esteja mais alto do que na primeira posição é um conhecimento explícito. O segundo é mais processual, é saber como fazer algo, mesmo sem necessariamente ser declarativo. Sendo assim, erguer o cotovelo automaticamente ao subir para posições mais agudas do violoncelo é um conhecimento implícito. O desenvolvimento de habilidades motoras pode, então, começar com conhecimentos mais explícitos e aos poucos se tornar algo de conhecimentos mais implícitos, levando à automatização (Miksza, 2022, p. 159). Fitts e Posner (1967 *apud* Magill, 2000, p. 150) descrevem este processo de aprendizagem motora em três estágios: cognitivo, associativo (ou de fixação) e autônomo (Miksza, 2022, p. 159; Schmidt; Lee, 2016, p. 206-7; Magill, 2000, p. 150-1).

Evidências científicas indicam que, uma vez que habilidades motoras são aprendidas (deixam de ser conhecimentos explícitos e se tornam implícitos, e o aprendiz alcança o estágio autônomo), a melhor estratégia de aprendizagem e performance é manter um foco externo de atenção. Ou seja, em vez de se dirigir a atenção para o movimento em si, deve-se focar no resultado. Então, voltando ao exemplo da mudança de posição, em vez de pensar na trajetória do cotovelo para chegar à posição mais aguda, o violoncelista deveria focar sua atenção na

⁶² No original: *When information in long-term memory is retrieved into working memory, it consumes virtually no cognitive resources, and can be embellished and built upon with new information, providing the mechanism by which learning can continually improve performance abilities.*

altura da próxima nota ou no ponto da corda que o dedo deve alcançar (Miksza, 2022, p. 160; Schmidt; Lee, 2016, p. 232-3; Magill, 2000, p. 115-7).

5 PROPOSTAS DE APLICAÇÃO PARA O ENSINO NOS NÍVEIS INTERMEDIÁRIO E AVANÇADO

Como professor da UEM, trabalho com violoncelistas no curso Técnico (com estudantes de Ensino Médio) e na Graduação em Música (Licenciatura e Bacharelado). Assim, um dos questionamentos que fiz ao conhecer a plataforma MakeMusic Cloud® foi: como o MakeMusic Cloud® pode ajudar os estudantes de cordas nos níveis intermediário e avançado? Refiro-me a instrumentistas que estão buscando formação para uma carreira profissional em música. A maior parte do material da plataforma foi produzida para níveis iniciantes a intermediários. Do repertório para violoncelo existente, apropriado para o público ao qual me refiro, o acervo da plataforma se restringe aos volumes 4 a 8 do Método Suzuki, que abrange obras originais para violoncelo, desde a *Sonata em Dó Maior* de Breval (nível 4 do ASTACAP Handbook⁶³) até peças mais virtuosísticas, como a *Gavotte Op. 23* de Popper, o *Allegro Apassionato* de Saint-Saëns (nível 6) e a *Sonata em Sol Maior* de Sammartini (nível 7). O MakeMusic Cloud® não conta com métodos e estudos “clássicos” para violoncelo, como os de Dotzauer, Schröder, Lee, Duport e Popper, ou com obras de caráter didático de violoncelistas/compositores, como Klengel, Goltermann, Romberg e Davidov. Também não contém as principais obras *standard* do repertório para o instrumento, como os concertos de Haydn, Bocherinni, Saint-Saëns e Lalo ou as sonatas de Beethoven, Brahms e Mendelssohn.

Editar a partitura completa de uma destas obras para ser acompanhado pelo MakeMusic Cloud® demandaria muitas horas de trabalho. Entretanto, a utilização criativa dessa tecnologia pode ser muito útil para a prática de exercícios técnicos e na fragmentação de trechos musicalmente mais desafiadores, bem como em sua posterior síntese num todo musical.

5.1 Afinação em diferentes sistemas

O acompanhamento do MakeMusic Cloud® pode contribuir para o treinamento da afinação em dois dos sistemas discutidos na Seção 3.2 (Sistemas de afinação), o de Igual Temperamento e o Justo. Os acompanhamentos disponíveis na plataforma são elaborados de duas formas: em gravações de estúdio, com músicos e instrumentos “reais”, ou com sons digitais do tipo MIDI (ver Seção 2.1). Todos os exercícios (descritos na Seção 2.2) têm seus

⁶³ O ASTACAP (American String Teachers Association Certificate Advancement Program) tem o objetivo de estabelecer metas nacionais nos EUA, definidas para estudantes de todos os níveis através de exames não competitivos. Para orientar professores e avaliadores, a ASTA publicou um manual, no qual lista métodos e repertório em 11 níveis: fundamental e 1 a 10 (ASTA, 2014).

áudios em MIDI, e, portanto, estão afinados precisamente de acordo com o sistema de igual temperamento. Sendo assim, ao tocar em uníssono com o MakeMusic Cloud®, o usuário exercitará sua habilidade de correlação de altura de acordo com este sistema.

Na afinação Justa, os intervalos que apresentam maior diferença com os demais sistemas são as terças e sextas harmônicas. Para desenvolver a correlação de altura nesta condição, proponho a prática de escalas de uma oitava com semibreves (compasso quaternário) configurando o andamento do exercício em 40 bpm, e, em vez de tocar em uníssono, tocar uma terça diatônica acima ou sexta diatônica abaixo das notas escritas.

Os sons MIDI das cordas friccionadas, e parte dos instrumentos de sopros, apresentam *vibrato*, o que não é o mais adequado quando se trata de exercitar a afinação, pois, como foi discutido na Seção 3.3 (Percepção da afinação), há evidências científicas de que o *vibrato* elimina o efeito de batimentos, que é um elemento útil para identificar imprecisões. Por este motivo, testei os timbres de outros instrumentos, à procura de algum que não tivesse *vibrato*. Aquele com o qual eu melhor me adaptei foi o do barítono, um instrumento da família dos metais, muito semelhante ao eufônio, e cuja extensão vai do Mi_1 ao Sib_3 .

5.2 Aperfeiçoamento da afinação em quatro condições

Apresento a seguir alguns estudos de aplicação do MakeMusic Cloud® para o aprimoramento da afinação em passagens de peças para violoncelo, especialmente do repertório mais avançado. Ao escolher quais elementos tornam uma passagem musical mais complexa do ponto de vista da afinação, foram considerados alguns dos fatores cognitivos discutidos nos capítulos anteriores: (1) a tendência a se privilegiar representações relativas de altura em detrimento da altura absoluta, (2) a forma como a altura dos sons musicais são organizados e percebidos, (3) o nível de demanda por atenção em tarefas motoras complexas. A partir desta reflexão, foram escolhidos trechos com as seguintes características: (1) ausência de cordas soltas, (2) presença de cromatismo, (3) atonalismo e (4) presença de cordas duplas.

5.2.1 Estudos com ausência de cordas soltas

Nos instrumentos de cordas, quanto maior a quantidade de acidentes em um trecho musical, menor a possibilidade de utilizar cordas soltas e harmônicos naturais. Isso faz com que a necessidade de mudanças de posição e extensões seja maior, o que dificulta a execução de

passagens rápidas. Além disso, as cordas soltas agem como “âncoras” na afinação dos instrumentistas. Especialmente na prática individual, elas servem como referência para as demais notas. A maior parte da população não possui o chamado “ouvido absoluto” e, portanto, afina relações entre alturas (i.e. intervalos, escalas, acordes) em vez de alturas em termos absolutos. Portanto, sem as cordas soltas em um longo trecho musical, pequenas imprecisões na afinação podem se acumular e causar um desvio considerável em relação ao padrão de igual temperamento ou ao centro tonal, quando for o caso. Como visto na seção 3.3 (Percepção da afinação), mesmo músicos experientes podem não perceber flutuações discretas ao longo de uma peça.

O *Prelúdio da Suíte IV para Violoncelo Solo* de Bach exige algumas habilidades complexas para a afinação: poucas cordas soltas, grandes saltos, frequentes cruzamentos de corda, dedilhados com extensões e a recorrência sistemática de arpejos, nas quais a espacialização de intervalos dificulta o senso melódico das frases⁶⁴. A Figura 8 apresenta o início desta peça, em Mi bemol Maior, ao qual foram acrescentadas as notas pedal Mib_1 , $Láb_1$ e Sib_1 , que correspondem às fundamentais de cada arpejo, para guiar a afinação do estudante. Aqui, o timbre escolhido foi o de violoncelo, na linha de acompanhamento, por esse sustentar a intensidade do som durante toda a duração das notas pedal.

⁶⁴ Como foi apontado na seção 3.4 “Altura e cognição” a proximidade de alturas influencia nossas expectativas melódicas. Estatisticamente, a maior parte das melodias apresenta graus conjuntos como regra, e os saltos são exceções.

Figura 9 – Excerto do terceiro movimento da *Sinfonia N° 3* de Brahms com indicações dedilhado e cordas

Cordas: I-----

Dedil.: 1 3 - 1 x 4 2-3 1 3 - 1 - 3 2-1 2 1 4 3 - 1 x 4 2 -

mezza voce

espress.

7 2 4 2 1 2 - 1 2 3 4 - 3 2 - 1 - 4 2 - 2 4 2 1 - 1 4 3 - 4 - 4 2 1 - 4 2

14 II I----- II----- I II I II----- I----- II I II-----

1 - 4 - 4 1 - 4 2 4 2 4 2 2 - 1 3 - 1 2 3 3 1 - 2 1x4

23 II I-----

1x4 2 1x3 4 1 - 3 1 - 2 1x3 4 1 - 3 1 4 3 - 2 0 4 2 - 2

dolce

Fonte: Brahms (1960), com adaptações e dedilhados do autor.

Para a prática deste excerto, elaborei duas versões de acompanhamento para o MakeMusic Cloud®. Para a primeira delas (Figura 10), escolhi uma combinação das partes de primeiro e segundo fagotes para servir de referência para a afinação do violoncelista. Na orquestração de Brahms, pelo menos um dos fagotes dobra a linha melódica dos contrabaixos na execução das notas mais graves deste trecho, as quais selecionei para o arranjo. Enquanto outros instrumentos apresentam um contraponto mais polifônico e com ritmos mais rápidos, os baixos apresentam notas mais longas, que fundamentam a harmonia.

Figura 10 – Acompanhamento elaborado para o aperfeiçoamento da afinação do excerto do segundo movimento da *Sinfonia Nº 3* de Brahms

The image displays a musical score for Cello and Bassoon. It consists of four systems of music. Each system has two staves: the top staff is for Cello and the bottom staff is for Bassoon. The key signature is two flats (B-flat and E-flat), and the time signature is 3/8. The score includes measure numbers 7, 14, and 23. A box labeled 'A' is placed above the Cello staff at measure 23. The music features various rhythmic patterns, including eighth and sixteenth notes, and rests.

Fonte: Adaptado de Brahms (1974).

A revista *The Strad*⁶⁵ traz diversos artigos e entrevistas com instrumentistas de cordas que tratam de audições de orquestra. Em alguns deles é possível observar a ênfase na importância de estudar a grade dos excertos orquestrais, e não apenas a parte do naipe, bem como escutar gravações destas obras. A violinista da San Francisco Symphony e professora do San Francisco Conservatory, Catherine van Hoesen, afirma: “um aluno que não conhece a partitura quase sempre será eliminado. Alguém que apenas pratica sua parte, sem um conhecimento da grade, pode ser facilmente descoberto pela banca da audição”⁶⁶ (Colborne, 2021, tradução nossa). Maxine Kwok, violinista da London Symphony Orchestra sugere: “pense cuidadosamente sobre como você os executaria na orquestra. Esta passagem é uma figura que acompanha? Que tipo de articulação funcionaria dentro de um naipe? Ao escutar a

⁶⁵ Revista comercial (não acadêmica) muito popular sobre instrumentos de corda friccionada.

⁶⁶ No original: *A student who doesn't know the score will nearly always be eliminated. Someone who just practises their part without a knowledge of the score might be easily found out by the audition committee.*

5.2.2 Estudos de cordas duplas

Tocar cordas duplas e acordes é um recurso técnico que acompanha a performance do violoncelo desde o período Barroco. Seu uso é encontrado com maior proeminência no repertório para violoncelo solista, mas também pode ser visto na música de câmara e mesmo orquestral. Mais recentemente, este recurso também tem sido amplamente utilizado por violoncelistas que atuam com música popular, como na peça para violoncelo solo *Julie-O* de Mark Summer (Summer, 2016) e na elaboração de acompanhamentos harmônicos para o canto, como na versão da canção *Último Romântico*, na qual Caetano Veloso é acompanhado por Jaques Morelembaum (Veloso *et al.*, 2012), e na performance de *Roxanne*, em que a Ayanna Witter-Johnson canta e acompanha a si mesma no violoncelo (Witter-Johnson; The Police, 2019).

Do ponto de vista da percepção musical, é possível presumir que a demanda cognitiva ao tocar cordas duplas e acordes seja maior do que a exigida ao tocar notas em sequência, pois, além da necessidade de afinar seu instrumento em relação aos demais instrumentos de um conjunto, o instrumentista precisa afinar as notas simultâneas entre si. Do ponto de vista motor, a tarefa também é mais complexa, porque diminuem as possibilidades de dedilhados, os dedos em uma corda não podem encostar nas outras e isso exige mudanças de posição mais frequentes.

De acordo com Alexanian (2003, p. 117) cordas duplas são ainda mais complexas quando há a coincidência de mudança de posição com mudança de cordas. Em alguns dos métodos tradicionais de violoncelo, os exercícios com cordas duplas estão localizados entre suas últimas lições, como em *Daily Exercises* de Feuillard (1984, lições 28-30), *Practischer Lehrgang des Violoncellspiels* de C. Schröder (1922, vol. 3, lição 110) e *Violonzell-Schule* de F. Dotzauer (1832, vol. 3, lições 258-260). Jensen e Chung também dedicam os últimos capítulos de seu tratado *CelloMind* (2017, cap. 27-33) à prática de cordas duplas. Isto reforça o quanto esta técnica é complexa para os violoncelistas.

Para a prática de escalas em sextas, elaborei três variações, em uma ordem que considero progressiva em dificuldade técnica. Na variação A (ver Figura 12), toca-se a nota superior (que neste caso tem a função de fundamental) antes de acrescentar-se a sexta abaixo, ou seja, a afinação melódica (horizontal) é separada da afinação harmônica (vertical), para tornar a tarefa mais simples. Na segunda variação, as duas notas passam a ser tocadas simultaneamente durante todo o exercício, com ligaduras entre os graus da escala, para que fique clara a passagem de uma sexta para a próxima, especialmente em mudanças de posição. Na terceira variação, as arcadas são separadas entre os graus da escala, exigindo a sincronia das

chegadas às novas posições com a mudança de arco e de cordas. O acompanhamento é tocado em uníssono a nota superior da sexta.

Figura 12 – Exercícios de escalas em sextas com três variações (A, B e C) com acompanhamento de piano para o MakeMusic Cloud®

Variação A

Cello

Piano

Variação B

Cello

Piano

Variação C

Cello

Piano

Fonte: Elaboração própria.

Acessando a opção *Display*, no menu superior do MakeMusic Cloud® (Figura 13), o estudante pode transpor o exercício em até 12 semitons para o agudo ou para o grave⁶⁹, possibilitando a prática em qualquer tonalidade maior.

⁶⁹ O recurso de transposição está disponível, inclusive, na versão gratuita da plataforma.

Figura 16 – Escala cromática em oitavas com acompanhamento para o MakeMusic Cloud® para estudo do Concerto N° 1 em Sol menor, de Kabalevsky.

Varição B

Cello

Piano

7

Fonte: Elaboração própria.

Para a prática do trecho, criei três tipos de acompanhamento, que equivalem a três estágios da sua preparação. O primeiro deles (Figura 17) é composto por dobramentos de parte das notas do solista: nos compassos 206 a 210, apenas as cabeças de cada tempo, e nos compassos 211 e 212 optei pelo acompanhamento dobrando todas as notas, em colcheias. Originalmente, nos compassos 209 a 212, o piano⁷¹ está em pausa, então, o solista pode tomar a liberdade de fazer uma “respiração” para preparar as oitavas, no início do compasso 211. Neste caso, acrescentei uma pausa de colcheia, que equivale ao tempo dessa “respiração”. No compasso 212, alterei a fórmula de compasso para 2/2, mantendo a duração das colcheias, deixando a prática das quiáteras para o próximo exercício.

⁷¹ Esta obra é original para violoncelo solista e orquestra, porém, a partitura utilizada para consulta e elaboração dos exercícios deste trabalho é da redução para piano.

Figura 17 – Primeiro acompanhamento elaborado para a prática dos compassos 206-213 (*Concerto N° 1, I mov.* de D. Kabalevsky), com o dobramento de parte das notas do solista

The image displays three systems of musical notation for the first accompaniment of measures 206-213 from the first movement of D. Kabalevsky's Concerto No. 1. The first system (measures 206-208) features a treble clef staff with a complex rhythmic pattern and a bass clef staff with a simple accompaniment. The second system (measures 209-210) consists of two bass clef staves. The third system (measures 211-213) also consists of two bass clef staves, with blue circles highlighting specific notes and a 3/2 time signature change.

Fonte: Adaptado de Kabalevsky (1970).

No segundo acompanhamento (Figura 18), a parte do piano está colocada tal qual o original, do compasso 206 até a cabeça do compasso 209. Ao longo da escala cromática (compasso 209 a 212), mantive no acompanhamento somente a cabeça de cada tempo, em uníssonos com o solista, diminuindo a quantidade de notas referências. No compasso 212, o ritmo é colocado com as quiálteras originais.

Figura 18 – Segundo acompanhamento elaborado para a prática dos compassos 206 a 213 (*Concerto N° 1, I mov.* de D. Kabalevsky)

The musical score for measures 206-213 is presented in a grand staff format. Measures 206-208 show a complex rhythmic pattern with triplets and a 'respiro' (breath) symbol. Measure 209 features a 'respiro' symbol and a '4' indicating a four-measure rest. Measure 210 is marked 'allarg.' and features a '4' indicating a four-measure rest. Measure 211 is marked 'allarg.' and features a '4' indicating a four-measure rest. The score includes various musical notations such as triplets, a 'respiro' symbol, and a '4' indicating a four-measure rest.

Fonte: Adaptado de Kabalevsky (1970).

Na terceira versão do acompanhamento (Figura 19), as notas de referência ao longo da escala cromática são retiradas. A única diferença, em relação ao arranjo original, está na pausa de colcheia, acrescentada no compasso 211, que é a “respiração” que prepara as oitavas. Sem essa pausa, seria difícil sincronizar o último acorde.

Figura 19 – Terceiro acompanhamento para a prática dos compassos 206 a 213 (*Concerto Nº 1, I mov. de D. Kabalevsky*)

Fonte: Adaptado de Kabalevsky (1970).

5.2.3 Estudos com cromatismos

De acordo com o dicionário Grove Music Online, o termo *chromatic* significa:

Baseado em uma oitava de 12 semitons, em oposição a uma escala diatônica de sete notas. Uma Escala cromática consiste em uma linha ascendente ou descendente que avança por semitons. [...] Diz-se que um intervalo é cromático se não fizer parte de uma escala diatônica. Na análise melódica e harmônica, o termo "cromático" é geralmente aplicado a notas com acidentes estranhos à escala da tonalidade em que a passagem está escrita. Mas uma nota que é cromática com referência a uma determinada tonalidade, pode deixar de ser cromática se uma modulação adequada ocorrer ao mesmo tempo⁷² (Dyson; Drabkin, 2018, tradução nossa).

⁷² No original: *Based on an octave of 12 semitones, as opposed to a seven-note Diatonic scale. A chromatic Scale consists of an ascending or descending line that advances by semitones. [...] An interval is said to be chromatic if it is not part of a diatonic scale. In melodic and harmonic analysis the term 'chromatic' is generally applied to*

Como discutido na Seção 3.4 (Altura e Cognição), algumas características de estruturação tonal parecem ser comuns em diferentes culturas musicais, como: dar destaque aos intervalos mais consonantes, dividir a oitava em um número restrito de alturas (entre 5 e 9) e utilizar escalas com dois ou mais intervalos distintos. Além disso, a exposição ao repertório de um determinado sistema musical ao longo de anos estabelece na memória de longo prazo uma “hierarquia tonal”, que contribui para a formação de expectativas melódicas e harmônicas. Portanto, podemos deduzir que a presença de notas fora do esquema tonal diatônico desestabilizaria a segurança na afinação, como é o caso do cromatismo.

O MakeMusic Cloud apresenta em sua série de exercícios 14 tipos de escalas cromáticas, que variam em extensão (uma, duas ou três oitavas), direção (ascendente-descendente ou descendente-ascendente) e ritmo (em semínimas, colcheias, tercinas ou semicolcheias).

Os 40 Estudos do *Op. 73, High School of Cello Playing* de David Popper, para violoncelo sem acompanhamento, são conhecidos entre violoncelistas por suas altas demandas técnicas para a mão esquerda. Em sua tese de doutorado sobre a relevância das composições de Popper na pedagogia do violoncelo, Minah Choe apresenta o seguinte depoimento de um professor entrevistado por ela:

Eles [40 estudos *Op. 73*] são extremamente cromáticos e bastante difíceis de aprender no início, porque têm muitos bemóis e sustenidos, e as melodias são bastante estranhas e difíceis de descobrir no início. No entanto, uma vez que você aprende, os alunos percebem que a maioria deles é baseada em padrões – e bastante repetitivos⁷³ (Choe, 2014, p. 101, tradução nossa).

Esse relato ilustra a dificuldade, do ponto de vista da percepção musical, que o cromatismo causa na aprendizagem desta série de estudos⁷⁴, e vai ao encontro das evidências sobre o processamento de alturas apresentados anteriormente.

Para exemplificar a utilização do cromatismo nos *40 estudos Op. 73* de David Popper, apresento na Figura 20 um trecho do *Estudo nº 3*, em Sib menor, com sua análise harmônica. O pentagrama superior contém as notas do estudo (sem indicações de articulação, dinâmica e dedilhados), e o inferior, os acordes que seriam formados por essas notas. Identifico

notes marked with accidentals foreign to the scale of the key in which the passage is written. But a note that is chromatic with reference to a particular key may cease to be chromatic if a suitable modulation takes place at the same time.

⁷³ No original: *They are extremely chromatic and quite difficult to learn at the beginning, because they have so many flats and sharps, and melodies are so weird and so difficult to figure out in the beginning. However, once you learn students realize that most of them are based on patterns – and quite repetitive.*

⁷⁴ Esta série de estudos tem grande influência da harmonia utilizada por Wagner, de cujas óperas Popper participou diversas vezes, em suas montagens (Moskovitz, 2001).

graficamente, também, as notas melódicas⁷⁵ (bordaduras, apojaturas, notas de passagem e escapadas). No primeiro tempo do compasso 19, pode-se identificar o arpejo de *Sib* m (tônica), formado pelas notas *Réb*₃, *Sib*₂, *Fá*₂, tendo o *Dó*₃ como nota de passagem diatônica.

No segundo tempo, as notas *Mi*₂ e *Dó*₃ remetem ao acorde de *Dó* M (dominante secundária), sendo as notas *Réb*₃ e *Si*₂ referentes a uma apojatura dupla cromática. Estas oito notas iniciais do trecho formam um motivo, que é transposto cromaticamente⁷⁶, descendentemente, a partir do terceiro tempo do c. 19. No c. 21, o motivo assume as funções de subdominante (*Mib* menor) e dominante (*Fá* Maior). Na primeira metade do compasso 22, é possível identificar o arpejo de *Dó* diminuto (segundo grau), e na segunda metade, o arpejo de *Fá* com sétima suspenso (dominante com sétima suspensa), e, finalmente, resolver na reexposição do tema inicial, em *Sib* menor (tônica), no compasso 23.

⁷⁵ “Uma nota melódica (abreviada NM) é uma nota, diatônica ou cromática, que não é membro de um acorde” (Kostka; Payne, 2009).

⁷⁶ Transpondo um motivo cromaticamente, seus intervalos internos serão preservados de forma idêntica à original, em oposição a uma transposição diatônica, na qual os intervalos podem se modificar (i.e. de maior para menor ou vice e versa), visto que as notas da escala não se alteram.

Figura 20 – Análise harmônica dos compassos 19 a 23 do *Estudo N° 3 Op. 73* de Popper.

19

nota de pass. diatônica

motivo

bordadura dupla cromática

-1 tom

20

-1 tom

-1 tom

Sib m: Bbm (i) C (V/V) (transposição cromática do motivo -----)

21

-1 semitom

apojatura cromática

apoj. diat.

apoj. crom.

nota de pass. crom.

escapada crom.

apoj. crom.

apoj. crom.

Ebm (iv) F (V) Ebm (iv) F (V) C° (ii°) F7sus (V⁷sus)

23

apoj. crom.

apoj. crom.

Bb (i)

Fonte: Adaptado de Popper (1982, p. 7).

Analisando a passagem deste estudo do ponto de vista técnico do movimento da mão esquerda, pode-se observar que, por apresentar transposições cromáticas, o mesmo dedilhado é repetido a cada nova mudança de posição (c. 19-21, ver Figura 21), iniciando na sexta posição e terminando na meia posição, sempre fechada (sem extensões). Choe (2014, p. 101) considera esta uma característica importante para o aperfeiçoamento técnico de violoncelistas, pois desenvolve-se o controle das variações sutis de contração e expansão dos dedos entre as posições.

Para auxiliar na aprendizagem deste estudo, elaborei um acompanhamento para o MakeMusic Cloud com as notas fundamentais de cada acorde identificado na análise harmônica da peça. Desta forma, o violoncelista tem um referencial harmônico sólido para controlar sua afinação, tornando o aprendizado da peça mais ágil.

Figura 21 – Acompanhamento criado para o MakeMusic Cloud®, para a prática do *Estudo N° 3 Op. 73* de D. Popper, com indicações de dedilhado e posições

The image displays a musical score for two violas (Vc. 1 and Vc. 2) across three systems of music. The first system (measures 19-20) features a complex arpeggiated pattern in the upper register. Above the staff, brackets indicate fingerings: '6ª posição' (6th position) for measures 19-20, '3ª pos. alta' (3rd high position) for measures 19-20, '2ª pos. alta' (2nd high position) for measure 20, and '1ª posição' (1st position) for measure 20. Below the staff, Roman numerals II, III, II, III, II are written under the notes. The second system (measures 21-22) continues the pattern, with a bracket labeled 'meia posição' (half position) above measures 21-22, and another bracket labeled '3ª pos. alta' (3rd high position) above measures 22-23. The third system (measure 23) shows the final measure of the excerpt, with a bracket labeled '3ª posição' (3rd position) above the staff and 'meia pos.' (half position) below it.

Fonte: Popper (1982, p. 7) com adaptações do autor. Dedilhado da edição.

O segundo movimento do *Concerto n° 1* para Violoncelo de C. Saint-Saëns também apresenta uma passagem com transposições cromáticas descendentes. Neste ponto (ver Figura 22), o solista realiza uma sequência de 12 arpejos de tríades maiores em posição de *capotasto*, transpostos um semitom abaixo a cada repetição, iniciando com o polegar no harmônico central da corda Lá (Lá₃) e terminando no Sib₂, junto à pestana. Assim como no *Estudo n° 3* de Popper, o dedilhado se repete a cada repetição do arpejo, porém as distâncias entre os dedos precisam ser gradualmente aumentadas. Soma-se, ainda, o caráter de *cadenza* do excerto, começando em um andamento lento, seguido de *accelerando* e *ritardando*, o que torna a tarefa ainda mais complexa. Aqui, novamente, as fundamentais de cada arpejo foram escolhidas para formar a linha de acompanhamento, pois geram a necessidade de o violoncelista afinar as oitavas em relação ao som executado pelo computador exatamente no momento em que os problemas de afinação costumam ocorrer, nas mudanças de posição. Essa prática baseada na coincidência de alturas e de realização rítmica aumenta a percepção e confiança do instrumentista quanto à

eficácia de suas sessões de estudo.

Figura 22 – Acompanhamento criado para o MakeMusic Cloud®, para trecho cadencial do segundo movimento do *Concerto N° 1* para Violoncelo e Orquestra de C. Saint-Saëns

The image displays two systems of musical notation. The first system, labeled 'c. 297' and 'accelerando', consists of a treble clef staff with a melodic line of eighth notes and a bass clef staff with a harmonic accompaniment of quarter notes. The second system continues the melodic line with a trill-like ending. Fingerings and accents are indicated throughout.

Fonte: Saint-Saëns (1952, p. 5, cello part) com adaptações do autor.

Como mencionado acima, estes acompanhamentos foram elaborados para serem utilizados no MakeMusic Cloud® com foco no controle da afinação. A criação de acompanhamentos com notas-chave melódicas ou de progressões da harmonia ajuda a balizar a afinação. Propositalmente, utiliza-se apenas notas de referência (e não acordes completos) nestes acompanhamentos. Desta forma, o violoncelista fica mais livre para ajustar a afinação de acordo com o sistema de afinação desejado: Justo, Pitagórico ou de Igual Temperamento.

5.2.4 Estudos atonais

Na subseção anterior, apresentei exercícios a partir de exemplos do repertório para violoncelo que contém cromatismo, porém, ainda dentro do contexto do sistema tonal. Prosseguindo no sentido de aperfeiçoar a afinação em contextos que se afastam das escalas tonais diatônicas, apresento nesta subseção possibilidades de exercícios para a prática do repertório atonal. Segundo Straus (2013, p. 35), “os conjuntos de classes de notas são os blocos constitutivos de muita música pós-tonal. Um conjunto de classes de notas é uma coleção não ordenada de notas”. Estes conjuntos (muitas vezes chamados de *pc set*, ou seja *pitch-class set*) constituem blocos de natureza horizontal (de natureza melódica), vertical (de natureza harmônica) ou mistos (de natureza melódico-harmônica). Neste estudo vamos focar na escrita atonal melódica, em que os conjuntos são utilizados para gerar elementos estruturais da forma, como motivos, frases, períodos, e seções.

Em *Introdução à Teoria Pós-Tonal* (2013, p. 153), Joseph Straus lista quatro classes de conjuntos de notas⁷⁷ que “[...] têm atraído amplamente a atenção compositiva e teórica [...]”, as quais ele denomina coleções referenciais. São elas: diatônica, octatônica, hexatônica e de tons inteiros. A coleção diatônica é a base da música tonal, da qual se formam os modos maior e menor, além dos demais modos gregos autênticos (também conhecidos como litúrgicos). Um dos principais elementos do atonalismo é a frequente utilização de conjuntos simétricos de notas nas composições (Lansky *et al.*, 2001), que contrasta com a relativa assimetria das escalas tonais diatônicas. Nesse sentido, as coleções octatônica, hexatônica e de tons inteiros ocupam especial destaque entre compositores dos séculos XX e XXI.

De acordo com Straus (2013, p. 161), “a coleção de tons inteiros (TI) tem o mais alto grau possível de simetria, tanto transpositiva quanto inversiva e sua classe de conjuntos contém apenas dois membros distintos” (Straus, 2013, p. 161). Estes conjuntos são⁷⁸: TI₀ [Dó, Ré, Mi, Fá#, Sol#, Lá#] e TI₁ [Réb, Mib, Fá, Sol, Lá, Si]⁷⁹. Como abordado na seção 3.4 (*Altura e cognição*), uma das características da estruturação tonal que é comum à maioria das culturas musicais tradicionais é “[...] ter dois ou mais tamanhos de intervalo em escalas, para que as notas da escala possam ser diferenciadas e assumir funções diferentes” (Trainor; Corrigan, 2010, p. 90, tradução nossa). Portanto, podemos supor que a escala de tons inteiros apresenta um maior grau de complexidade para sua aprendizagem em relação à coleção octatônica, visto que lhe faltam os “pontos de referência” que os semitons e a variedade resultante da combinação entre tons e semitons proporciona, especialmente em relação às tendências de resolução dos semitons. A plataforma MakeMusic Cloud® fornece em sua série de exercícios de escalas seis variações de ritmo, direção e extensão (uma ou duas oitavas) da escala de tons inteiros. A Figura 23 apresenta duas dessas variações.

⁷⁷ Como visto no parágrafo anterior, um conjunto de classes de notas é uma coleção não ordenada de notas. Assim, por exemplo, as escalas de Dó Maior e Lá menor natural compartilham o mesmo conjunto de classes de notas, que, por sua vez, é diferente de todas as outras escalas Maiores e menores naturais. Já uma classe de conjuntos de notas (*set class*, em inglês) é a “família” de todos os conjuntos de classes de notas relacionadas entre si por transposição ou inversão (Straus, 2013, p. 56). Dessa forma, podemos dizer, por exemplo, que todas as escalas maiores e menores compartilham a mesma classe de conjuntos de notas.

⁷⁸ Os numerais subscritos na identificação das coleções referenciais correspondem à primeira nota do conjunto: 0=Dó, 1=Réb.

⁷⁹ Diferentemente da música tonal, no atonalismo “notas que são enarmonicamente equivalentes (como Sib e Lá#) são também funcionalmente equivalentes” (Straus, 2013, p. 3). Por este motivo, a escolha dos nomes dados às notas é arbitrária, não havendo diferença entre Sib e Lá#, por exemplo.

Figura 23 – Dois exercícios de escala de tons inteiros disponíveis na plataforma MakeMusic Cloud®



Fonte: MakeMusic Cloud®

Uma outra característica da coleção de tons inteiros é a ocorrência frequente do intervalo de trítono. Enquanto na coleção diatônica este intervalo ocorre apenas uma vez, na de tons inteiros, ocorre seis vezes. Para dar ênfase à prática da afinação de trítonos, elaborei um exercício que alterna saltos de trítono e terças maiores na direção oposta (Figura 24).

Figura 24 – Exercício para a prática da afinação de trítonos elaborado para a prática com o MakeMusic Cloud®



Fonte: Elaboração própria.

De acordo com Lansky e colaboradores (2001), “a simetria resulta não apenas da divisão do espaço musical em divisão igual do espaço de altura, [...] mas em um sentido mais geral de relações entre coleções de classes de altura [...]”⁸⁰. No caso das escalas octatônicas, existe uma alternância de tons e semitons, porém, ainda é uma classe de conjuntos altamente simétrica. Enquanto as escalas diatônicas apresentam cinco tons e dois semitons, a escala octatônica (OCT) tem a mesma quantidade de cada intervalo, quatro tons e quatro semitons. Por mapear-se nela mesma em quatro níveis de transposição e quatro níveis de inversão, esta classe de conjuntos apresenta apenas três conjuntos de notas distintos: OCT_{0,1} [Dó, Dó#, Ré#, Mi, Fá#, Sol, Lá, Sib,], OCT_{1,2} [Dó#, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá^b, Sib, Si] e OCT_{2,3} [Ré, Mi^b, Fá, Sol^b, Lá^b, Lá, Si, Dó]. Embora a classe de conjuntos da escala octatônica seja frequentemente

⁸⁰ No original: *Symmetry results not only from the division of musical space into equal-division pitch space, [...] but in a more general sense from relationships among collections of pitch classes [...].*

relacionada à música considerada atonal (especialmente de Bartok e Stravinsky), há exemplos do emprego desse tipo de escala em obras de compositores como Liszt e Mussorgsky (Wilson, 2001), além de ser utilizado em improvisações no jazz (Terefenko, 2014). Estes conjuntos podem formar escalas de dois modos, dependendo da ordem de semitons e tons. Na representação acima, as escalas estão no modo semitom-tom, também conhecido como modo A⁸¹. O outro modo é o tom-semitom, ou modo B (Wilson, 2001). Tomando como exemplo o conjunto OCT_{0,1} (acima), se construirmos escalas a partir das notas Dó, Ré#, Fá# ou Lá, obteremos o modo A. Se começarmos pelas notas Dó#, Mi, Sol ou Sib, teremos o modo B. O mesmo raciocínio se aplica aos conjuntos OCT_{1,2} e OCT_{2,3}. O MakeMusic Cloud® fornece quatro variações da escala octatônica: com uma ou duas oitavas. A Figura 25 apresenta exercícios com os modos A e B.

Figura 25 - Escalas não-diatônicas disponíveis na plataforma MakeMusic Cloud®

Tom-semitom

Semitom-tom

Fonte: MakeMusic Cloud®

A escala hexatônica tem apenas seis notas, que se alternam segundo os intervalos de semitom e terça menor (segunda menor, terça menor, segunda menor, terça menor, segunda menor e terça menor). Há somente quatro conjuntos distintos dessa estrutura: HEX_{0,1} [Dó, Dó#, Mi, Fá, Lá^b, Lá], HEX_{1,2} [Dó#, Ré, Fá, Fá#, Lá, Sib], HEX_{2,3} [Ré, Ré#, Fá#, Sol, Sib, Si] e HEX_{3,4} [Ré#, Mi, Sol, Sol#, Si, Dó]. De acordo com Straus (2013), “entre seus subconjuntos

⁸¹ Na música popular, a escala octatônica é também conhecida como escala diminuta, sendo o modo semitom-tom chamado de “dim dom” (abreviação de diminuta da dominante), e a tom-semitom, de “dim dim” (abreviação de diminuta do acorde diminuto) (Guest, 2006, p. 33-6).

estão algumas formações familiares, como o acorde de sétima maior, a tríade maior ou menor e a tríade aumentada. Como resultado, é possível escrever música que seja hexatônica, mas que mesmo assim tenha uma sensação um tanto tradicional” (p. 164). O MakeMusic Cloud® não disponibiliza exercícios de escala hexatônica em seu catálogo, então eu os criei para minha própria prática e eventual compartilhamento com alunos (Figura 26).

Figura 26 - Exercícios de escala hexatônica elaborados para prática no MakeMusic Cloud®



Fonte: Elaboração própria.

A tríade aumentada é um conjunto que não se encontra nas coleções diatônica e octatônica. Além de seu uso ser pouco comum no repertório tonal, este arpejo é altamente simétrico, dividindo a oitava em três intervalos de terça maior. A coleção hexatônica apresenta duas tríades aumentadas e a de tons inteiros, seis. A Figura 27 apresenta um dos exercícios de arpejo da tríade aumentada disponibilizados pela plataforma MakeMusic Cloud®.

Figura 27 – Exercício de arpejo da tríade aumentada



Fonte: MakeMusic Cloud®

A *Sonata* de George Crumb, composta em 1955, é uma das principais obras para violoncelo solo do século XX. A Figura 28 apresenta a sessão B⁸² (compassos 19 a 33) do primeiro movimento (*Fantasia*). Neste excerto, de alta complexidade para a afinação, podemos observar a alternância entre o motivo principal da peça, que utiliza o conjunto 5-16 (01347),

⁸² Guerguiev (2009, p. 32-34), em sua análise estrutural da obra, divide o movimento em três sessões, A-B-A1.

um subconjunto da escala octatônica, com gestos que utilizam outros conjuntos referenciais, como a escala hexatônica, de tons inteiros e cromática.

Figura 28 – Análise escalar dos compassos 19 a 33 do primeiro movimento da *Sonata para Violoncelo Solo* de G. Crumb

19 *ff* *appassionato e sonore*






21 *cresc. e poco accel.* *fff* *p sub.* *molto*

23 *ff* *sempre ff e sonore*

25 *st T st st T st T st*

27 *3 3*

30 *sempre ff* *pesante* *molto*

- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | Motivo principal com a classe de conjuntos 5-16 (01347), subconjunto da escala octatônica. |  | Subconjunto da escala de tons inteiros |
|  | Subconjunto da escala octatônica. |  | Conjunto da escala hexatônica. |
| | |  | Conjunto da escala cromática. |

Fonte: Crumb (1958) com edições do autor.

Além da estruturação atonal, outros aspectos que tornam o preparo desta seção significativamente complexo são: o uso extensivo de cordas duplas (sempre com sextas menores ou terças maiores), a exploração do registro agudo do instrumento (chegando ao Sib_4 no compasso 22), trechos com pouca ocorrência de graus conjuntos (compassos 19 a 25), intervalos melódicos amplos (especialmente de sextas e sétimas menores), ritmos complexos e dinâmicas *ff* e *fff*.

Como discutido anteriormente, a partir da análise harmônica de trechos musicais tonais, podemos elaborar acompanhamentos de notas longas (pedais), formados apenas pelas fundamentais dos acordes identificados. No caso da música atonal, que não apresenta uma harmonia funcional e encadeamentos tradicionais, em geral, a centralidade se manifesta de outras formas (Straus, 2013, p. 144). Sendo assim, creio que o mais efetivo seja editar os trechos para serem praticados em uníssono com o acompanhamento digital. O trecho que vai do compasso 19 até a cabeça do compasso 22 (Figura 28) apresenta: (1) cordas duplas em sextas menores, (2) prevalência de saltos melódicos, especialmente de sextas menores, (3) utilização de quatro subconjuntos das coleções $OCT_{0,1}$, $OCT_{2,3}$, $HEX_{3,4}$, $OCT_{1,2}$. Para praticar esta passagem, elaborei um exercício no qual eu simplifico o ritmo da passagem, retiro as apogiaturas e acentos e substituo a dinâmica *ff* por *mp* (Figura 29). No caso das sextas menores em cordas duplas, o acompanhamento executa apenas as notas superiores. Desta maneira, ao praticar o exercício, procuro manter o foco de atenção na afinação, deixando para um segundo momento a prática sem o acompanhamento digital, acrescentando todos os demais elementos que compõem o trecho e demandam maior atenção para os movimentos do arco.

Figura 29 - Exercício elaborado para a prática dos compassos 19 a 22 do primeiro movimento da *Sonata para Violoncelo Solo* de G. Crumb

The image shows a musical score for two staves. The top staff is in treble clef and the bottom staff is in bass clef. The music is written in 2/4 time for the first part and 6/4 time for the second part. The dynamic marking *mp* is present at the beginning of the first staff. The score consists of two systems of music, each with two staves. The first system is in 2/4 time and the second system is in 6/4 time. The music features complex intervals and rhythms, including sixths and sevenths.

Fonte: Crumb (1958) com edições do autor.

Para praticar as sextas menores em cordas duplas dos compassos 22 e 23 (Figura 28), criei um exercício de escala hexatônica com o acompanhamento do MakeMusic Cloud® tocando em uníssono a nota superior (Figura 30).

Figura 30 – Exercício de escala hexatônica em cordas duplas (sextas menores) para prática com o MakeMusic Cloud®.

Fonte: Elaboração própria.

Os compassos 24 a 27 (Figura 28) apresentam (1) saltos de sétima menor ascendente em sequência, formando um subconjunto de cinco notas da escala de tons inteiros, (2) o motivo principal (subconjunto da escala octatônica), e (3) uma escala descendente de duas oitavas que utiliza todas as doze notas da escala cromática de forma não sequencial (alternando semitons e tons). A Figura 31 apresenta o exercício que elaborei para praticar este trecho. Aqui, mais uma vez, optei por praticar em uníssono com o acompanhamento digital, simplificar o ritmo, retirar as apogiaturas e acentos e substituir a dinâmica *ff* por *mp*.

Figura 31 - Exercício elaborado para prática dos compassos 24 a 27 do primeiro movimento da *Sonata para Violoncelo Solo* de G. Crumb



Fonte: Crumb (1958) com edições do autor.

Ao começar o estudo desta obra durante o Doutorado, me sentia bastante inseguro quanto à afinação, como se não tivesse certeza de que as notas que estava tocando realmente eram as impressas na partitura. Mesmo tendo escutado gravações diversas vezes, não percebia confiança quanto à minha memória do que deveria ser o resultado sonoro correto. Nos trechos mais agudos, em que o polegar se posiciona sobre as cordas e perde a informação tátil que o braço do violoncelo proporciona, a insegurança era ainda maior. A utilização de pontos marcados a lápis no espelho, nos harmônicos da terceira e quarta parciais (Mi_4 e $Lá_4$ na corda lá) contribuíram para agilizar o processo de aprendizagem de parte das notas. Minha impressão, ao praticar o trecho com o auxílio do acompanhamento digital, foi de ter mais clareza quanto aos erros de afinação, além de sentir que necessitava de menos repetições para adquirir segurança. Ao praticar novamente sem o acompanhamento, me senti mais consciente quanto ao que deveria soar, ou seja, com uma “concepção de objetivo” ou “imagem sonora” mais nítida em minha memória, como aconselham Mantel (1995) e Benedetti (2017)⁸³.

Como apontado na seção 3.4 (Altura e cognição), outra característica da estruturação tonal que é comum à maioria das culturas musicais é “dividir a oitava em um pequeno número de notas (geralmente entre cinco e nove) que servem como alturas distintas para a composição musical” (Trainor; Corrigan, 2010, p. 90, tradução nossa). A partir desta evidência, podemos elaborar a hipótese de que seja mais complexo memorizar as alturas de um trecho musical que apresenta uma variedade maior de notas em um curto espaço de tempo, como é o caso do *Dodecafonismo*. Para o exercício da afinação de séries dodecafônicas, elaborei dois estudos a partir de séries listadas no *Twelve-Tone Anthology* do site *Open Music Theory* (Gotham et al., 2022) para serem tocadas em uníssono com um timbre de piano no MakeMusic Cloud®. Além

⁸³ Os conceitos de “concepção de objetivo” e “imagem sonora” são discutidos na Seção 3.4.

da série original transposta para começar na nota Dó, utilizo também as suas formas retrógrada, invertida e retrógrado-invertida⁸⁴.

Na série utilizada por Bartok no *Quarteto de Cordas N° 4*, podemos observar a sequência da classe 4-9 (0167), aqui representado pelas notas Dó₂, Fá₂, Fá#₂ e Si₂ no primeiro compasso (Figura 32). No segundo compasso, este subconjunto é transposto dois tons acima, porém, com o último intervalo invertido (Si_{b2}-Mi_{b2}). No terceiro compasso, o subconjunto é mais uma vez transposto dois tons acima, e o primeiro intervalo é invertido (Sol#₂-Dó#₂). Outra característica desta série é a prevalência de apenas três intervalos: o semitom ascendente, a quarta justa ascendente e a quinta justa descendente, sendo que os dois últimos compartilham o mesmo intervalo ordenado entre classes de notas (5 semitons)⁸⁵. Portanto, apesar de ser uma série de doze alturas, a estruturação de um subconjunto de apenas quatro alturas e três intervalos, reduz a demanda por memória de trabalho, e, pelo menos teoricamente, diminui a complexidade de afinação, se comparado a séries com maior variedade de intervalos.

Figura 32 – Estudo elaborado a partir da série dodecafônica extraída do *Quarteto de Cordas N°4* de B. Bartok

Original

N° da classe de notas: 0 5 6 11 4 9 10 3 8 1 2 7

Intervalos ordenados entre classes de notas: 5 1 5 5 5 1 5 5 5 1 5

4 Retrógrada

7 Invertida

10 Retrógrado-invertida

Fonte: Elaboração própria a partir de informações contidas no site *Open Music Theory* (Gotham et al., 2022).


⁸⁴ O método de análise harmônica pós-tonal e a terminologia aqui empregados estão contidos em *Introdução à Teoria Pós-Tonal*, de Joseph N. Straus (2013, p. 200-209).

⁸⁵ Por convenção, geralmente os *intervalos ordenados entre classes de notas* são indicados por um número inteiro de 0 a 11. Portanto, se um intervalo descendente tem 7 semitons (uma quinta justa), o intervalo ordenado entre as classes das notas será indicado pelo número 5, e não -7, pois conta-se o intervalo de semitons sempre no sentido ascendente (Straus, 2013, p. 8-9).

Para contrastar com o estudo anterior, escolhi a série utilizada por Alban Berg no primeiro movimento da *Suíte Lírica* para quarteto de cordas, que apresenta todos os 11 intervalos ordenados entre classes de notas, como demonstrado na Figura 33.

Figura 33 – Série dodecafônica extraída do primeiro movimento da *Suíte Lírica* de A. Berg


Original




Nº da classe de notas: 0 11 7 4 2 9 3 8 10 1 5 6

Intervalos ordenados entre classes de notas: 11 8 9 10 7 6 5 2 3 4 1


4 Retrógrada



7 Invertida



10 Retrógrado-invertida



Fonte: Elaboração própria a partir de informações contidas no site *Open Music Theory* (Gotham *et al.*, 2022).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como vimos, a afinação é um tema que envolve diversas áreas da ciência: acústica, psicoacústica, cognição (especialmente a cognição musical) e controle motor. Embora músicos consigam perceber diferenças muito sutis de frequência no som, há fatores que tornam a afinação mais ou menos complexa. Estes fatores podem ser de ordem musical, como o contexto harmônico e a familiaridade com um sistema tonal, ou referentes ao controle motor, como no caso de passagens em que a demanda por atenção (esforço cognitivo) é demasiadamente alta.

A maior parte dos músicos não afina notas individualmente, e sim, considera relações entre duas ou mais notas. Sendo assim, sem uma referência sonora de afinação fixa, desvios muito discretos na altura de cada nota em uma sequência melódica podem provocar flutuações na altura geral. Por este motivo, elaborei acompanhamentos para o MakeMusic Cloud® para praticar excertos musicais tonais em que não há cordas soltas para balizar a afinação de outras notas. Neste caso, utilizo notas longas (pedais) com alturas estruturalmente importantes, como as notas fundamentais dos acordes que compõem determinado excerto.

A performance musical demanda a combinação constante da antecipação interna do som que se busca produzir (imagem sonora) com a avaliação do som que está sendo produzido (*feedback* inerente). Podemos deduzir, então, que uma boa afinação se inicia com uma concepção clara da altura que se pretende fazer soar. A tendência a dar destaque a intervalos mais consonantes, somada ao fenômeno de aculturação ao sistema tonal, leva ao estabelecimento de uma hierarquia tonal diatônica na memória de longo prazo, que, por sua vez, facilita a concepção de expectativas melódicas e harmônicas. Em contrapartida, a presença de notas fora da estrutura diatônica tradicional, como é o caso do cromatismo, desestabiliza tais expectativas, e dificulta a memorização de alturas. O atonalismo, que visa justamente uma contraposição às estruturas funcionais de acordes, escalas e tonalidades, torna ainda mais difícil a previsibilidade das alturas. Neste caso, proponho que se pratique tocando em uníssono com o acompanhamento digital, simplificando outras demandas técnicas, como ritmo e dinâmica.

O conhecimento acerca de conceitos da cognição pode trazer grandes benefícios para a estruturação de uma prática deliberada eficiente. Neste sentido, a área da aprendizagem motora esclarece diversas questões úteis para os músicos. Entre estes conceitos estão o processamento de informação sensorial, a atenção e os sistemas de memória. À medida que o repertório avança em nível de dificuldade técnica e artística, a demanda por atenção a diferentes aspectos da performance torna-se maior, como o controle de golpes de arco complexos, mudanças de posição e padrões de dedilhados na mão esquerda e nuances de interpretação e

expressividade. Quando o esforço cognitivo demandado da tarefa é mais alto do que o limite disponível pelo praticante, a tendência é haver uma queda no desempenho de tal tarefa. Por este motivo, é válido identificar quais são as dificuldades de um trecho musical, praticar com estratégias que concentram o foco da atenção nessas dificuldades até se atingir certo grau de automatismo, diminuindo-se assim a demanda por atenção.

Após estes quatro anos de experiência com a plataforma MakeMusic Cloud® e revisão de literatura acerca do tema Afinação, aponto três aspectos que poderiam ser modificados nesta ferramenta. O primeiro deles trata da necessidade de disponibilizar a plataforma para uso em *smartphones* e *tablets* de qualquer sistema operacional, o que tornaria o uso do MakeMusic Cloud® ainda mais prático. O segundo aspecto diz respeito à presença de *vibrato* nos timbres MIDI de cordas friccionadas. Creio que tal efeito expressivo em sons digitais ocorra para que estes se aproximem da prática “real” dos instrumentos acústicos. Porém, para que o uso deste recurso seja ainda mais eficaz para o desenvolvimento da afinação, a ausência do *vibrato* seria mais adequada. Desta forma, os batimentos seriam mais evidentes, contribuindo para uma percepção mais precisa. O terceiro aspecto é relativo à ferramenta de avaliação (*Assessment*) do MakeMusic Cloud®. Como apontado na seção 2.1, a plataforma avaliou o som da corda Lá do violoncelo como “desafinado” apenas a partir de 70 *cents* de desvio, mesmo contando com configuração no nível mais restrito de tolerância (*Strict Tolerance*). Este desvio talvez seja adequado para auxiliar estudantes iniciantes, mas para um nível mais alto de performance, é evidentemente inadequado.

Mesmo com as limitações citadas acima, creio que os exercícios com a utilização da plataforma MakeMusic Cloud® aqui propostos sejam eficazes no aperfeiçoamento da afinação, pois incrementam o ambiente auditivo da prática deliberada individual, tornando mais claro e imediato o *feedback* inerente das tarefas sendo executadas. Comparativamente, assim como é mais fácil perceber se o andamento está preciso ao praticar com um metrônomo, também se torna mais fácil avaliar se a afinação do trecho está precisa ao se praticar com um acompanhamento harmônico adequado para a dificuldade específica do trecho e para o estágio de preparação do instrumentista. Desta forma, a memória auditiva (a consciência das alturas corretas e intervalos que se deve ouvir após tocar as notas) e proprioceptiva (a consciência, prática e automação dos movimentos corretos para anteciper e alcançar as alturas desejadas) é reforçada. Além disso, o acompanhamento harmônico ou melódico do MakeMusic Cloud® age como um foco externo de atenção, o que, de acordo com evidências da área da aprendizagem motora, torna a prática deliberada mais eficiente do que apenas focar a atenção na realização dos movimentos.

Elaborar exercícios de afinação e editá-los para disponibilizar em uma plataforma digital demanda muito tempo e esforço por parte de professores e estudantes. Porém, creio que o tempo dispendido é recompensado com uma preparação mais ágil de um trecho musical de afinação complexa. Além disso, considero que um benefício ainda maior é a confiança e autonomia adquirida pelo músico ao praticar individualmente em um contexto sonoro enriquecido pelo acompanhamento digital, seja ao tocar em uníssono, com um número restrito de notas de referência, ou com um acompanhamento original de uma peça. Uma forma de tornar o trabalho com editores digitais de partituras menos exaustivo é contando com o compartilhamento de arquivos no formato *MusicXML* entre os pares, que podem ser abertos em qualquer *software* de edição e no MakeMusic Cloud®. Desta forma, um músico pode editar o conteúdo das partituras, além de utilizá-lo tal qual foi disponibilizado.

O acompanhamento digital, assim como qualquer outra estratégia tradicional de ensino e aprendizagem, deve ser utilizado de forma reflexiva. O momento correto para utilizar uma ou outra estratégia de prática deve ser pensado pelo professor ou pelo músico já experiente que organiza sua prática deliberada sem o auxílio de um professor. Acredito que, para estudantes de nível intermediário e avançado, que já dominam conceitos de organização de alturas (como intervalo, tonalidade, escala e acorde), realizar a leitura de uma nova peça, procurando identificar as alturas corretas de cada nota através apenas de seu conhecimento e experiência prévios, seja a melhor estratégia. Uma vez lido um trecho musical complexo, compreendidos seus aspectos musicais e técnicos (como dedilhado, arcadas, articulação e dinâmica), então torna-se adequada a utilização do acompanhamento digital para identificar eventuais erros, desenvolver maior precisão e confiança no desempenho da afinação. Portanto, o uso desta tecnologia não diminui a importância das aulas de percepção musical e solfejo, comuns nos conservatórios e universidades, ou mesmo da prática de conjunto “real” (música de câmara e orquestra). É necessário para o instrumentista de cordas compreender o que se está ouvindo, da mesma forma como é preciso ler uma partitura e elaborar uma expectativa do que se ouvirá, e o acompanhamento digital é uma alternativa para reforçar estas habilidades e conhecimentos.

Esta pesquisa procurou explorar o uso do acompanhamento digital, neste caso, da plataforma MakeMusic Cloud®, criando exercícios a partir de uma revisão de literatura sobre afinação, cognição musical e aprendizagem motora. Acredito que a partir destes exemplos, outros instrumentistas e professores poderão refletir sobre a aplicabilidade deste tipo de ferramenta em seus contextos de ensino e aprendizagem. Para encontrar evidências mais precisas quanto à eficácia de acompanhamentos digitais no aperfeiçoamento da afinação de instrumentistas de cordas friccionadas de nível intermediário e avançado, futuras pesquisas

podem explorar este recurso através de metodologias tanto experimentais quanto qualitativas. Como mencionado anteriormente, creio que praticar com um acompanhamento harmônico digital contribui para melhorar a confiança do estudante na performance da afinação. Neste sentido, estudos que investiguem esta prática a partir da teoria da Auto-eficácia de Albert Bandura, que “[...] refere-se às crenças de alguém em sua capacidade em organizar e executar cursos de ação requeridos para produzir certas realizações” (Azzi; Polydoro, 2006, p. 12), podem trazer novos *insights* sobre o tema. Outro enfoque que vem sendo utilizado no estudo da educação e performance musical e que pode contribuir para o tema é a Aprendizagem Autorregulada, de Barry Zimmerman, que “[...] envolve como os indivíduos desenvolvem as habilidades de autorregulação e as crenças auto-motivacionais que os acompanham para se impulsionar a um nível ainda mais alto de desempenho”⁸⁶ (Mcpherson, 2022, p. 554, tradução nossa).

⁸⁶ No original: [...] *involves how individuals develop the self-regulatory skills and accompanying self-motivational beliefs to push themselves to an even higher level of performance.*

REFERÊNCIAS

ACULTURAÇÃO. *In: Dicio, dicionário online de português*. Porto: 7Graus, 2023. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/aculturacao/>>. Acesso em: 03 set. 2023.

ALEXANIAN, D. **Complete cello technique: the classic treatise on cello theory and practice**. Nova Iorque: Dover Publications, 2003.

ASTA. Institutional Membership Directory. **American String Teacher**, v. 53, n. 3, p. 94–95, 2003.

ASTA. **The ASTA Certificate Advancement Program Handbook**. Estados Unidos: American String Teachers Association, 2014. Disponível em: <<http://www.tnasta.org/docs/handbook.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2022

AZZI, R. G.; POLYDORO, S. A. J. **Auto-eficácia em diferentes contextos**. Campinas: Alínea, 2006.

BACH, J. S. **Sechs Suiten für Violoncello Solo**. Kassel: Bärenreiter, 1950.

BARRY, N. H.; HALLAM, S. Practice. *In: PARNCUTT, R.; MCPHERSON, G. E. (Eds.). The Science and Psychology of Music Performance: creative strategies for teaching and learning*. Oxford: Oxford University Press, 2002.

BENEDETTI, E. **Cello, bow and you: putting it all together**. Nova York: Oxford University Press, 2017.

BLUM, D. **Casals and the art of interpretation**. Estados Unidos: University of California Press, 1980.

BORÉM, F. *et al.* Uma perspectiva interdisciplinar da visão e do tato na afinação de instrumentos não-temperados. *In: Performance e interpretação musical: uma prática interdisciplinar*. 1. ed. São Paulo: Musa Editora, 2006, p. 80–101.

BORÉM, F.; LAGE, G. M. Intonation in the Performance of the Double Bass: The Role of Vision and Tact in Undershoot and Overshoot Patterns. *In: The Online Journal of Bass Research*, v. 10, 2019.

BRAHMS, J. **III. Symphonie - 2 Klaviere zu 4 Händen**. Leipzig: N. Simrock, 1884. Disponível em:

<[https://imslp.org/wiki/Symphony_No.3%2C_Op.90_\(Brahms%2C_Johannes\)](https://imslp.org/wiki/Symphony_No.3%2C_Op.90_(Brahms%2C_Johannes))>. Acesso em: 19 dez. 2022

BRAHMS, J. **Symphony No. 3 - cello part**. Detroit: Luck's Music Library, 1960. Disponível em: <[https://imslp.org/wiki/Symphony_No.3%2C_Op.90_\(Brahms%2C_Johannes\)](https://imslp.org/wiki/Symphony_No.3%2C_Op.90_(Brahms%2C_Johannes))>. Acesso em: 19 dez. 2022

BRAHMS, J. **Symphony No. 3 - score**. New York: Dover Publications, 1974. Disponível em: <[https://imslp.org/wiki/Symphony_No.3%2C_Op.90_\(Brahms%2C_Johannes\)](https://imslp.org/wiki/Symphony_No.3%2C_Op.90_(Brahms%2C_Johannes))>. Acesso em: 19 dez. 2022

BUCK, M. W. **The Efficacy of SmartMusic® Assessment as a Teaching and Learning Tool**. Tese de Doutorado. Hattiesburg: University of Southern Mississippi, 2008.

BURGOYNE, A. P.; HAMBRICK, D. Z.; HARRIS, L. J. The origins of musical expertise. *In*: MCPHERSON, G. E. (Ed.). **The oxford handbook of music performance: development and learning, proficiencies, performance practices, and psychology**. Oxford: Oxford University Press, v. 1 p. 9–30, 2022.

BURNS, E. M. Intervals, Scales and Tuning. Em: DEUTSCH, D. (Ed.). **The psychology of music**. 2. ed. [s.l.] Academic Press, p. 215–264, 1999.

CHOE, C. **Pedagogy and performance practice of David Popper (1843-1913): An analysis of influence and legacy of Popper's compositions in studio teaching**. Tese de doutorado (DMA). Sydney: University of Sydney, 2014.

CLARK, T.; LISBOA, T.; WILLIAMON, A. Learning to be an instrumental musician. *In*: PAPAGEORGI, I.; WELCH, G. (Eds.). **Advanced musical performance: Investigations in higher education learning**. Inglaterra: Routledge, 2014. p. 319-332.

COLBORNE, F. **Orchestra auditions: Success strategies**. Disponível em: <<https://www.thestrads.com/improve-your-playing/orchestra-auditions-success-strategies/13888.article>>. Acesso em: 18 dez. 2022.

COLWELL, R.; HEWITT, M.; FONDER, M. **The Teaching of Instrumental Music**. 5ª ed. Nova York: Routledge, 2018.

CONRAD, M. C. **How can the implementation of SmartMusic technology in the middle school orchestra classroom impact the motivation and skill development of the string learner?** Dissertação de Mestrado. Saint Paul: Hamline University, 2008.

CORNU, A.; MERCADIER, E. Sur les intervalles musicaux. **Comptes Rendus de l'Acad. des Sci. de Paris**, v. 68, p. 301–308, 1869.

CRUMB, G. **Sonata for Solo Violoncello**. Estados Unidos: C. F. Peters Corporation, 1958.

DEUTSCH, D. *et al.* Psychology of music. *In*: **Oxford Music Online**. Oxford University Press, 2001. Disponível em: <<http://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/view/10.1093/gmo/9781561592630.001.0001/omo-9781561592630-e-0000042574>>. Acesso em: 11 nov. 2021

DOTZAUER, J. J. F. **Violonzell-Schule**. Mainz: [s.n.].

DOWLING, W. J.; HARWOOD, D. L. Melody: Attention and memory. *In*: **Music cognition**, Cap. 5, p. 124-152. Orlando: Academic Press, 1986.

DUPORT, J.-L. **Essai sur le doigté du violoncelle, et sur la conduite de l'archet**. Paris: [s.n.].

DYSON, G.; DRABKIN, W. Chromatic. *In*: **Oxford Music Online**. Oxford University Press, 10 jan. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/gmo/9781561592630.article.05718>>. Acesso em: 6 dez. 2022

ELLIS, A. J. On the Musical Scales of Various Nations. **Journal of the Society of Arts**, 1885.

ELLIS, A. J.; ADLER, G. The History of Musical Pitch. **Journal of the Society of Arts**, 1880.

ERICSSON, K. A.; KRAMPE, R. T.; TESCH-ROMER, C. The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. *In: Psychological Review*, v. 100, n. 3, p. 363-406, 1993.

EXPERTISE. *In: Cambridge dictionary*. Cambridge: Cambridge University Press, 2023b. Disponível em: <<https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/expertise/>>. Acesso em: 17 fev. 2023.

EXPERTISE. *In: Dicio, dicionário online de português*. Porto: 7Graus, 2023a. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/expertise/>>. Acesso em: 17 fev. 2023.

EXPERTISE. *In: Michaelis, dicionário brasileiro da língua portuguesa*. São Paulo: Editora Melhoramentos, 2015. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/expertise/>>. Acesso em: 17 fev. 2023.

FELDMAN, E. *et al. Instrumental Music Education: Teaching with the Musical and Practical in Harmony*. 2^a ed. Nova York: Routledge, 2015.

FEUILLARD, L. **Daily Exercises for Violoncello**. Alemanha: Schott Music, 1984.

FEUILLARD, L. **Méthode du Jeune Violoncelliste**. Paris: Delrieu, 1925.

FLANIGAN, G. P. **An investigation of the effects of the use of SmartMusic software by brass players on intonation and rhythmic accuracy**. Tese de Doutorado (PhD). Lexington: University of Kentucky, 2008.

FRANCÈS, R.; **The perception of music**. Nova York: Psychology Press, 1988.

GERINGER, J. M. Eight Artist-Level Violinists Performing Unaccompanied Bach: Are There Consistent Tuning Patterns? *String Research Journal*, v. 8, n. 1, p. 51–61, 1 jul. 2018.

GERINGER, J. M. *et al.* Perception of melodic intonation in performances with and without vibrato. **Psychology of Music**, v. 43, n. 5, p. 675-685, 2015.

GLENN, S. G. **The effects of a situated approach to musical performance education on student achievement: Practicing with an artificially intelligent computer accompanist**. Tese de Doutorado (PhD). Athens: University of Georgia, 2000.

GOLDEMBERG, R. **A prática da entoação nos instrumentos de afinação não-fixa**. *Opus*, v. 13, n. 1, p. 65–74, jun. 2007.

GOTHAM, M. *et al. Open Music Theory: Version 2*. Estados Unidos: Oklahoma State University, 2022. Disponível em: <<https://viva.pressbooks.pub/openmusictheory/chapter/anthology-twelve-tone/>>. Acesso em 17 set. 2023

GREATED, C. Beats. *In: Oxford Music Online*. Oxford University Press, 2001a. Disponível em:

<<http://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/view/10.1093/gmo/9781561592630.001.0001/omo-9781561592630-e-0000002424>>. Acesso em: 1 fev. 2022

GREATED, C. Comma. *In: Oxford Music Online*. Oxford University Press, 2001c.

Disponível em:

<<https://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/view/10.1093/gmo/9781561592630.001.0001/omo-9781561592630-e-0000006186>>. Acesso em: 1 abr. 2022

GREATED, C. Frequency. *In: Oxford Music Online*. Oxford University Press, 2001b.

Disponível em:

<<http://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/view/10.1093/gmo/9781561592630.001.0001/omo-9781561592630-e-0000010215>>. Acesso em: 18 jul. 2023

GRISWOLD, H. E. How to teach aural skills with electronic tuners. *In: Music Educators Journal*, v. 74, n. 5, p. 49-51, 1988.

HALLAM, S. *et al.* The development of practising strategies in young people. *In: Psychology of Music*, v. 40, n. 5, p. 652-680, 2012.

HALPERN, A. R.; BARTLETT, J. C. Memory for melodies. *Music perception*, p. 233-258. Nova York: Springer, 2010.

HAYNES, B.; COOKE, P. Pitch. Em: *Oxford Music Online*. [s.l.] Oxford University Press, 2001.

HELMHOLTZ, H. L. F. **On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music**. New York: Dover Publications, 1954.

HENRIQUE, L. L. **Acústica Musical**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

HEURÍSTICO. *In: Dicio, dicionário online de português*. Porto: 7Graus, 2023. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/heuristico/>>. Acesso em: 11 out. 2023.

HIMONIDES, E. The Misunderstanding of music-technology education: a meta perspective. *In: Creativities, Technologies, and Media in Music Learning and Teaching: An Oxford Handbook of Music Education*, v. 5, cap. 8, p. 119-142. Nova York: Oxford University Press, 2018.

HOWARD, D. M. Intonation drift in a capella soprano, alto, tenor, bass quartet singing with key modulation. *Journal of Voice*, v. 21, n. 3, p. 300-315, 2007.

HOWARD, D. M.; DAFFERN, H.; BRERETON, J. (2013) Four-part choral synthesis system for investigating intonation in a cappella choral singing. *In: Logopedics Phoniatrics Vocology*. Reino Unido, v. 38, n. 3, p. 135-142, 2013.

HOWARD, D.; OVERY, S. Influences on pitching variation in a cappella choral singing. *ABCD Choral Research Journal*, Issue One, p. 94-101, Mai. 2020.

JENSEN, H. J.; CHUNG, M. R. **CelloMind**: intonation and technique. Chicago: Ovation Press, Ltd., 2017.

JØRGENSEN, H. Strategies for individual practice. *In*: WILLIAMON, A. (Ed.). **Musical excellence: strategies and techniques to enhance Performance**. Oxford: Oxford University Press, 2004. p. 85-103.

JØRGENSEN, H.; HALLAM, S. Practicing. *In*: HALLAM, S.; CROSS, I.; THAUT, M. (Eds.). **The Oxford Handbook of Music Psychology**. 2^a ed. Oxford: Oxford University Press, 2016. p. 449-462.

KABALEVSKY, D. **Concerto No. 1 Op. 49 for Cello and Piano** (arr.). Nova Iorque: International Music Company, 1970.

KOSTKA, S.; PAYNE, D. **Tonal Harmony**: With an Introduction to Twentieth-century Music. Reino Unido: McGraw-Hill, 2009.

KRUMHANSL, C. L. Ritmo e altura na cognição musical. *In*: ILARI, B. S. (Ed.). **Em busca da mente musical**: ensaios sobre os processos cognitivos em música - da percepção à produção. Curitiba: Ed. da UFPR, 2006. p. 45-109.

KRUMHANSL, Carol L.; CUDDY, Lola L. A theory of tonal hierarchies in music. *In*: RIESS JONES, M.; FAY, R. R.; POPPER, A. N. (Eds.). **Music Perception**. Springer Handbook of Auditory Research. Nova York: Springer, 2010. v. 36 p. 51-87.

KUZMICH, J. Vivace Personal Accompanist: Smart Computer Accompanist Changes Tempo With A “Live” Musician. *In*: **Jazz Educators Journal**, v. 27, n. 3, p. 49-52, 1995.

KWOK, M. **How to be successful in an orchestral audition** - LSO violinist Maxine Kwok. Disponível em: <<https://www.thestrads.com/playing-hub/how-to-be-successful-in-an-orchestral-audition-lso-violinist-maxine-kwok/2893.article>>. Acesso em: 18 dez. 2022.

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

LANSKY, P.; PERLE, G.; HEADLAM, D. Atonality. *In*: **The New Grove Dictionary of Music and Musicians**, Volume 2: Aristoxenus to Bax. Reino Unido: MacMillan, 2001.

LAUX, C. C. **The Effect of a Tonic Drone Accompaniment on the Pitch Accuracy of Scales Played by Beginner Violin and Viola Students**. Tese de Doutorado. Columbus: Ohio State University, 2015.

LEEDY, D.; COREY, C. Tuning systems. *In*: **Oxford Music Online**. Oxford University Press, 16 out. 2013. Disponível em: <<http://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/view/10.1093/gmo/9781561592630.001.0001/omo-9781561592630-e-1002252551>>. Acesso em: 12 nov. 2021

LEEDY, D.; HAYNES, B. Intonation (ii). *In*: **Oxford Music Online**. Oxford University Press, 2001. Disponível em: <<http://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/view/10.1093/gmo/9781561592630.001.0001/omo-9781561592630-e-0000053762>>. Acesso em: 23 out. 2020

LEHMANN, A. C.; SLOBODA, J. A.; WOODY, R. H. Practice. Em: **Psychology for musicians: understanding and acquiring the skills**. Oxford: Oxford University Press, 2007. p. 61-81.

LINDLEY, M. Equal temperament. **Oxford Music Online**. *In*: Oxford University Press, 2001a. Disponível em: <<https://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/view/10.1093/gmo/9781561592630.001.001/omo-9781561592630-e-0000008900>>. Acesso em: 31 jan. 2022

LINDLEY, M. Just intonation. **Oxford Music Online**. *In*: Oxford University Press, 2001b. Disponível em: <<http://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/view/10.1093/gmo/9781561592630.001.001/omo-9781561592630-e-0000014564>>. Acesso em: 31 jan. 2022

LONG, M. K. **The Effectiveness of the SmartMusic® Assessment Tool for Evaluating Trombone Student Performance**. Tese de Doutorado (DMA). Greensboro: University of North Carolina at Greensboro, 2011.

LOOSEN, F. Intonation of solo violin performance with reference to equally tempered, Pythagorean, and just intonations. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 93, n. 1, p. 525-539, 1993.

LOOSEN, F. The effect of musical experience on the conception of accurate tuning. **Music Perception: An Interdisciplinary Journal**, v. 12, n. 3, p. 291-306, 1995.

LOOSEN, F. Tuning of diatonic scales by violinists, pianists, and nonmusicians. **Perception & Psychophysics**, v. 56, n. 2, p. 221–226, 1994.

LOPES, L.; LAGE, G. M. O esforço cognitivo inerente à performance musical: conceitos e aplicabilidade. *In*: BORÉM, F.; DUTRA, L. M. DE C. S. (Eds.). **Diálogos Musicais da Pós-Graduação: Práticas de Performance Musical n. 2**. Belo Horizonte: UFMG, Selo Minas de Som, 2017. p. 315-328.

LOPES, L.; LAGE, G. M.; BORÉM, F. Delineamento de 4 excertos com situações de esforço cognitivo distintas da performance no contrabaixo acústico. *In*: BORÉM, F.; CAMPOLINA, E. (Eds.). **Diálogos Musicais da Pós-Graduação: Práticas de Performance Musical N° 5**. Belo Horizonte: UFMG, Selo Minas de Som, 2020. p. 210–226.

LUDWIG, P. H.; BORÉM, F. Plataforma SmartMusic®: revisão de literatura e aplicação no controle da afinação no violoncelo. *In*: BORÉM, F.; MONTEIRO DE CASTRO, L.; CAMPOLINA, E. (Eds.). **Diálogos Musicais da Pós-Graduação: Práticas de Performance Musical N° 6**. Belo Horizonte: UFMG, Selo Minas de Som, 2021. p. 59-75.

MADSEN, Clifford K.; GERINGER, John M. Gradual pitch change and aesthetic responses of music majors. **Bulletin of the Council for Research in Music Education**, p. 135-143, 2004.

MAGILL, R. A. **Aprendizagem motora: conceitos e aplicações**. 5. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

MAKEMUSIC. Important Finale Showcase Announcement. *In*: **The finale blog**. 7 jan. 2013. Disponível em: <<https://www.finalemusic.com/blog/important-finale-showcase-announcement/>>. Acesso em: 12 out. 2023.

MAKEMUSIC. **Pricing**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.makemusic.com/pricing/>> Acesso em: 17 out. 2023.

- MAKEMUSIC. **Products**. [ca 2019]. Disponível em:
<<https://www.makemusic.com/products/>>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- MANTEL, G. **Cello technique: principles and forms of movement**. Bloomington: Indiana University Press, 1995.
- MANTEL, G. **Intonation: Spielräume für Streicher**. Mainz: Schott Music, 2021.
- MAUCH, M.; FRIELER, K.; DIXON, S. Intonation in unaccompanied singing: accuracy, drift, and a model of reference pitch memory. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 136, n. 1, p. 401-411, 2014.
- MCPHERSON, G. E. Self-regulated learning music microanalysis. *In*: MCPHERSON, G. E. (Ed.). **The Oxford Handbook of Music Performance**. Oxford: Oxford University Press, 2022. v. 1, p. 553-575.
- MIKSZA, P. Practice. *In*: MCPHERSON, G. E. (Ed.). **The Oxford Handbook of Music Performance**. Oxford: Oxford University Press, 2022. v. 1, p. 153-172.
- MOONEY, R. **Thumb Position for Cello: thumbs of steel**. Miami: Summy-Bichard, 2000. v. 2
- MORRISON, S. J.; FYK, J. Intonation. *In*: PARNCUTT, R.; MCPHERSON, G. E. (Eds.). **The Science & Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning**. New York: Oxford University Press, 2002. p. 183–197.
- MOSKOVITZ, M. **Popper, David**. Disponível em:
<<https://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/view/10.1093/gmo/9781561592630.001.0001/omo-9781561592630-e-0000022113>>. Acesso em: 13 jun. 2021.
- NICHOLS, B. D. **The effect of SmartMusic on student practice**. Tese de Doutorado (Doctor of Education in Teacher Leadership. Kennesaw: Kennesaw State University, 2014.
- NICKERSON, J. F. Intonation of Solo and Ensemble Performance of the Same Melody. *In*: **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 21, n. 6, p. 593-595, nov. 1949.
- OUREN, R. W. **The influence of the VIVACE accompaniment technology on selected middle school instrumental students**. Tese de Doutorado (PhD). Minneapolis: University of Minnesota, 1997.
- PALISCA, C. V.; MOORE, B. C. J. Consonance. *In*: **Oxford Music Online**. 2001. Oxford University Press, 2001. Disponível em:
<<https://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/display/10.1093/gmo/9781561592630.001.0001/omo-9781561592630-e-0000006316?rskey=IL3wKn&result=1>>. Acesso em: 11 nov. 2021
- PAPAGEORGI, I. Developing and maintaining expertise in musical performance. *In*: PAPAGEORGI, I.; WELCH, G. (Eds.). **Advanced musical performance: investigations in higher education learning**. Inglaterra: Routledge, 2014. p. 335-350.
- PLEETH, W.; PYRON, N. **Cello**. Londres: Kahn & Averill, 1992.

PLOMIN, R. Foreword. *In*: HAMBRICK, D. Z.; CAMPITELLI, G.; MACNAMARA, B. N. (Eds.). **The science of expertise: behavioral, neural, and genetic approaches to complex skill**. New York: Routledge, 2018. p. xix-xvii.

POPPER, D. **15 leichte Etüden in der ersten Lage**, op.76a. Leipzig: Hofmeister's Monatsbericht, 1911.

POPPER, D. **40 Studies High School of Cello Playing Op. 73**. Nova York: International Music Company, 1982.

RADOCY, R. E.; BOYLE, J. D. **Psychological Foundations of Musical Behavior**. Springfield: Charles C. Thomas, 2003.

RAMIREZ-MELENDZ, R.; WADDELL, G. Technology-Enhanced Learning of Performance. *In*: MCPHERSON, G. E. (Ed.). **The Oxford Handbook of Music Performance**, Volume 2. Oxford: Oxford University Press, 2022. p. 528-552.

REPP, R. S. **The internet, auto-accompaniment software, and spectral analysis in undergraduate voice lessons**. Tese de Doutorado (Doctor of Philosophy in Music Education)—Champaign: Univesrity of Illinois at Urbana-Champaign, 1999.

ROBERTS IV, J. F. **Drone Tone Lite**. (aplicativo para smartphone) Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tuningtoolbox.dronetonetoolfree>. Acesso em: 26 ago. 2023.

ROEDERER, J. G. **Introdução à Física e Psicofísica da Música**. São Paulo: Edusp, 1998.

ROLLAND, P.; MUTSCHLER, M. **The Teaching of Action in String Playing**. [s.l.] Boosey & Hawkes, 1974.

SAA. **Every Child Can**: an introduction to Suzuki Education. Boulder: SAA - Suzuki Association of the Americas, Inc, 2003.

SAINT-SAËNS, C. **Concerto Nº 1**: em Lá menor, Op. 33. Nova York: International Music Company, 1952.

SANTOS, L. O. DE S. **A Chave do Artesão**: um olhar sobre o paradoxo da relação mestre/aprendiz e o ensino metodizado do violino barroco. Tese de Doutorado. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011.

SASSMANNSHAUS, E. **Sassmannshaus**: early start on the cello. Kassel: Bärenreiter-Verlag, 2009. v. 1.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. **Aprendizagem e performance motora**: dos princípios à aplicação. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

SCHRÖDER, C. **Practischer Lehrgang des Violoncellspiels**. Nova Iorque: Carl Fischer, 1922.

SEASHORE, C. E. **Psychology of Music**. Reino Unido, McGraw-Hill Book Company, 1938.

SEATON, R.; PIM, D.; SHARP, D. Pitch drift in a capella choral singing—work in progress. In: **Institute of Acoustics Annual Spring Conference 2013**. Nottingham: 2013.

SERAFIM, L. L. **Modelos pedagógicos no ensino de instrumentos musicais em modalidade a distância**: projetando o ensino de instrumentos de sopro. Dissertação (Mestrado em Educação Musical). Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2014.

SHIH, Y.-J. **Evaluation of Music Performance**: Computerized Assessment Versus Human Judges. Tese de Doutorado (Doctor of Philosophy in Music). Honolulu: University of Hawai‘i at Mānoa, 2018.

SLOANE, M. **Cello Drones for tuning and improvisation**. Mendocino: Navarro River Music, 2003. 1 CD.

SLOBODA, J. A. **A Mente Musical**: a psicologia cognitiva da música. Londrina: EDUEL, 2008.

SMARTMUSIC. **Features**. Disponível em: <<https://www.smartmusic.com/features/>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SNAPP, D. R. **The uses and effectiveness of the Vivace Intelligent Accompanist system in K–12 instrumental music programs**. Tese (Doctor of Arts). Greeley: University of Northern Colorado, 1997.

SNYDER, B. Memory for music. In: HALLAM, S.; CROSS, I.; THAUT, M. (Eds.). **The Oxford Handbook of Music Psychology**. 2ª ed. Oxford: Oxford University Press, 2016. p. 107-117.

SPIEGEL, M. F.; WATSON, C. S. Performance on frequency-discrimination tasks by musicians and nonmusicians. In: **J. Acoust. Soc. Am.**, v. 76, n. 6, p. 1690-1695, 1984.

STAINSBY, T.; CROSS, I. The perception of pitch. In: HALLAM, S.; CROSS, I (Ed.). **The Oxford Handbook of Music Psychology**. 2ª ed. Oxford: Oxford University Press, 2016. p. 63-79.

STOWELL, R. **The Cambridge Companion to the Violin**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

STRAUS, J. N. **Introdução à teoria pós-tonal**. Trad. Ricardo Bordini. São Paulo: Editora UNESP, 2013.

SUMMER, M. **Cello Performance**: “Julie-O”. Estados Unidos: TEDx Talks, 1 nov. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JHCcD5d56ns>>. Acesso em: 22 dez. 2022

SUNDBERG, J. **Ciência da voz**: fatos sobre a voz na fala e no canto. 1. ed. 2. reimpr. rev. São Paulo: Editora da Universidade de Sao Paulo, 2015.

SUNDBERG, J. **The Science of the Singing Voice**. Estados Unidos: Northern Illinois University Press, 1987.

SUZUKI, S. **Educação é Amor**: um novo método de educação. 2. ed. Santa Maria: Pallotti, 1994.

SUZUKI, S. **Suzuki Cello School**. Estados Unidos: Alfred Publishing, 1991.

TAYLOR, C.; CAMPBELL, M. Sound. *In*: **Oxford Music Online**. Oxford University Press, 2001. Disponível em:

<<http://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/view/10.1093/gmo/9781561592630.001.000/omo-9781561592630-e-0000026289>>. Acesso em: 2 fev. 2022

TEREFENKO, D. **Jazz theory**: from basic to advanced study. Nova York: Routledge, 2014.

THIBEAULT, M. D. Learning with sound recordings: a history of Suzuki's mediated pedagogy. *In*: **Journal of Research in Music Education**, v. 66, n. 1, p. 6-30, 1 abr. 2018.

TILLIÈRE, J. B. **Méthode pour le violoncelle contenant tous les principes nécessaires pour bien jouer de cet instrument**. Paris [s.n.], 1764.

TRAINOR, L. J.; CORRIGALL, K. A. Music Acquisition and Effects of Musical Experience. *In*: RIESS JONES, M.; FAY, R. R.; POPPER, A. N. (Eds.). **Music Perception**. Springer Handbook of Auditory Research. Nova York: Springer, 2010. v. 36p. 89-127.

TRAINOR, L. J.; ZATORRE, R. J. The neurobiology of musical expectations from perception to emotion. *In*: HALLAM, S.; CROSS, I.; THAUT, M. (Eds.). **The Oxford Handbook of Music Psychology**. 2ª ed. Oxford: Oxford University Press, 2016. p. 285–05.

TSENG, S.-M. A. **Solo accompaniments in instrumental music education**: The impact of the computer-controlled Vivace on flute student practice. Tese de Doutorado (Doctor of Philosophy in Education). Champaign: University of Illinois at Urbana-Champaign, 1996.

VELOSO, C. *et al.* **Último Romântico**. Brasil: Universal Music, 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=A7H4ElbZUPA>>. Acesso em: 22 dez. 2022

VOS, J. The perception of pure and mistuned musical fifths and major thirds: Thresholds for discrimination, beats, and identification. **Perception & Psychophysics**, v. 32, n. 4, p. 297-313, 1982.

WADDELL, G.; WILLIAMON, A. Technology use and attitudes in music learning. *In*: **Frontiers in ICT**, v. 6, n. MAY, p. 11, 2019.

WARD, W. D. Musical Perception. Em: TOBIAS, J. V. (Ed.). **Foundations of Modern Auditory Theory**. Londres: Academic Press, 1970. p. 407–447.

WATERMAN, D. Playing quartets: a view from the inside. *In*: STOWELL, R. (Ed.). **The Cambridge Companion to The String Quartet**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 97-126.

WATKINS, C. Advanced intonation skills: helping students understand what they hear. *In*: **American String Teacher**, v. 54, n. 1, p. 86-90, 2004.

WHITCOMB, B. Improving Intonation. *In*: **American String Teacher**, v. 57, n. 4, p. 42-45, 2007.

WHITCOMB, B. Intonation on a string instrument: three systems of tuning and temperament. *In: American String Teacher*, v. 67, n. 2, 2017.

WILLIAMON, A. *et al.* **Performing Music Research**: methods in music education, psychology, and performance science. Oxford: Oxford University Press, 2021.

WILLIAMON, A. **Musical Excellence**: Strategies and Techniques to Enhance Performance. Oxford: Oxford University Press, 2004.

WILSON, C. Octatonic. *In: Oxford Music Online*. 2001. Oxford University Press, 2001.
Disponível em:

<<https://www.oxfordmusiconline.com/grovemusic/view/10.1093/gmo/9781561592630.001.001/omo-9781561592630-e-0000050590>>. Acesso em: 01 out. 2023

WISE, K.; JAMES, M.; RINK, J. Performers in the practice room. *In: WILLIAMON, A.; GAUNT, H.; RINK, J. S. (Eds.). Musicians in the making: Pathways to Creative Performance*. Oxford: Oxford University Press, 2017. p. 143-163.

WITTER-JOHNSON, A.; THE POLICE. **Roxanne**. Holanda: Het Concertgebouw, 12 ago. 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=EbZcbZq505k>>. Acesso em: 22 dez. 2022

ZABANAL, J. R. A. Effects of Short-Term Practice With a Tonic Drone Accompaniment on Middle and High School Violin and Viola Intonation. *In: String Research Journal*, v. 9, n. 1, p. 51-61, 1 jul. 2019.