

Curva de frequência no vibrato da flauta transversal

Rodrigo Manoel Frade¹
UFMG / PPG
Mestrado
SIMPOM: *Sonologia*

Resumo: O presente artigo configura-se como uma síntese da minha dissertação de mestrado defendida em julho de 2018 na Universidade Federal de Minas Gerais. O trabalho teve como objetivo a investigação do desenho da curva de frequência provocada pelo uso do vibrato na flauta transversal. Foram gravadas amostras de sons com vibrato realizados por 16 flautistas, sendo 5 profissionais e 11 estudantes do Curso de Graduação em Música da UFMG. Cada participante gravou seis notas longas com vibrato nos três registros do instrumento (grave, médio, agudo) totalizando um número de 96 amostras. A análise das amostras foi realizada através do *software* PRAAT. Foram identificadas 6 tendências gerais na curva de frequência do vibrato na flauta: tendência senoidal, triangular, trapezoidal, aclave mais curto que o declive, aclave mais longo que o declive e picos na base da onda. Os diferentes contornos observados pela presente pesquisa se caracterizam como mais um passo para a compreensão da especificidade sonora do vibrato de cada flautista.

Palavras-chave: flauta transversal; vibrato; análise acústica; identidade sonora.

Frequency Curve in the Flute Vibrato

Abstract: This article is a synthesis of my master's thesis defended in July 2018 at the Federal University of Minas Gerais. The research aimed to investigate the design of the frequency curve caused by the flute vibrato. Samples of notes with vibrato were recorded by 16 flutists, of whom 5 were professionals and 11 were undergraduate students at the School of Music at the UFMG. Each participant recorded six long notes with vibrato on low, medium, and high registers of the instrument, totaling 96 samples. The samples were analyzed using PRAAT software. Six major trends were identified in the shape of the vibrato wave on the flute: sine, triangular, trapezoidal, shorter aclave than slope, longer aclave than slope, and peaks at the base of the wave. The different shapes observed by the present research constitute a further step towards the understanding the vibrato specificities of each flute player.

Keywords: flute; vibrato; acoustic analysis; sound identity.

1. Introdução

O vibrato é um elemento de representativa importância na expressividade e identidade sonora de um flautista. Dalsant descreve essa técnica como sendo um dos

¹ Orientador: Maurício Freire Garcia. Bolsista FAPEMIG.

principais fatores que nos permite identificar o timbre característico de um flautista, tal qual uma "impressão digital" que o diferencia de outros (DALSANT, 2011).

Através de seus estudos, Dalsant enumerou uma série de variáveis acústicas que ocorrem no som dos flautistas devido ao uso do vibrato, tais como, variação da taxa e extensão da onda sonora, variação de frequência, modulação espectral, dentre outras. É importante dizer que o objetivo central da autora era estabelecer uma comparação entre duas ferramentas tecnológicas e descrever qual era a mais eficaz na representação gráfica de cada variável acústica. Devido a este fato, a autora não se aprofundou na investigação de cada variável individualmente. Sendo assim, decidimos investigar de maneira detalhada a curva de frequência provocada pelo uso do vibrato e sua relação com a especificidade sonora dos flautistas.

Deste modo, o presente artigo será dividido em quatro seções principais. Na primeira (tópico 2), será apresentada uma breve explicação sobre as variáveis acústicas mais relevantes para nossa pesquisa, com o objetivo de elucidar dois pontos: as características físicas do vibrato na flauta e a escolha da curva de variação de frequência como nosso objeto de estudo. A segunda parte (tópico 3) será uma exposição de todo o processo metodológico da pesquisa. Na terceira parte (tópicos 4 e 5) serão apresentados os resultados e discussões, e na quarta parte (tópico 6), as conclusões da pesquisa.

2. Características físicas do vibrato na flauta

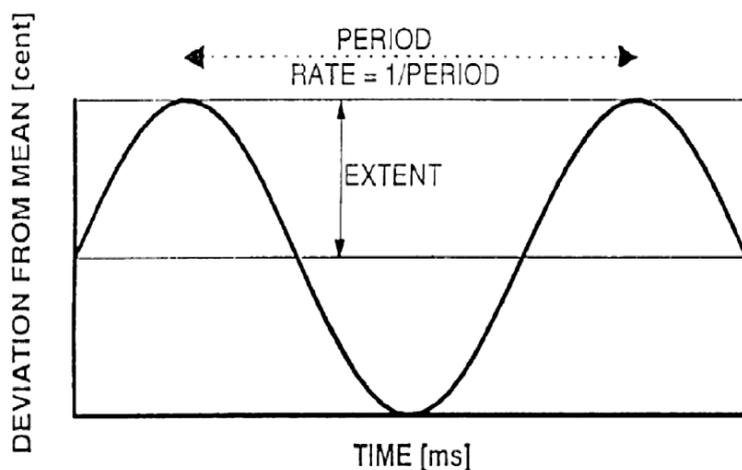
2.1 Taxa e extensão

Timmers e Desain descrevem o vibrato como uma flutuação periódica na frequência, amplitude e/ou timbre de um som musical (TIMMERS e DESAIN, 2000). Tal flutuação periódica é medida através da *taxa*. É importante explicar que, no contexto de nossa pesquisa, taxa significa a velocidade do vibrato. A Figura 1, retirada do trabalho de Sundberg (SUNDBERG, 1994), ilustra a medição da taxa (*rate*) que é igual a 1/período por segundo ou 1 Hz. Em outras palavras, se um vibrato apresenta uma taxa igual a 5 Hz, significa que o vibrato produzido pelo músico flutua 5 vezes por segundo.

Meyer explica que embora o vibrato seja usado por cantores, músicos de cordas e por instrumentistas de sopro, um bom vibrato tem algo em comum para todos eles: a taxa de flutuação quase sempre está na região de 5 a 8 Hz. O autor esclarece essa informação dizendo que as alterações periódicas na frequência ou amplitude de um som são percebidas de maneira

diferente pelo nosso ouvido, dependendo da rapidez com que ocorrem. Assim sendo, se um vibrato for realizado de forma lenta, ele pode facilmente transmitir uma impressão de instabilidade do som. A partir de 5 Hz para cima, em contraste, percebe-se uma altura ou intensidade uniforme, que está associado a um movimento interno. Assim, o som percebido corresponde com bastante precisão à frequência central sobre a qual o vibrato flutua (MEYER, 2009, p. 44).

Em contrapartida, Meyer explica que a extensão do vibrato no canto, nas cordas e nos sopros são diferentes. A Figura 1 também ilustra a medição da extensão do vibrato. Segundo Sundberg a extensão é o desvio de frequência em torno de seu valor médio (SUNDBERG, 1987). Meyer explica que, de maneira geral, tal desvio pode mover-se em 5 cents, perto do limite audível, mas para cantores certamente pode exceder a faixa de 100 cents (sendo que 1 cent = 1/100 de um semitom). Segundo o autor, a extensão do vibrato na flauta é relativamente pequena. As flutuações de frequência de 10 a 15 cents já podem ser consideradas como um vibrato intenso (MEYER, 2009).



Fonte: Sundberg, 1994, p. 48

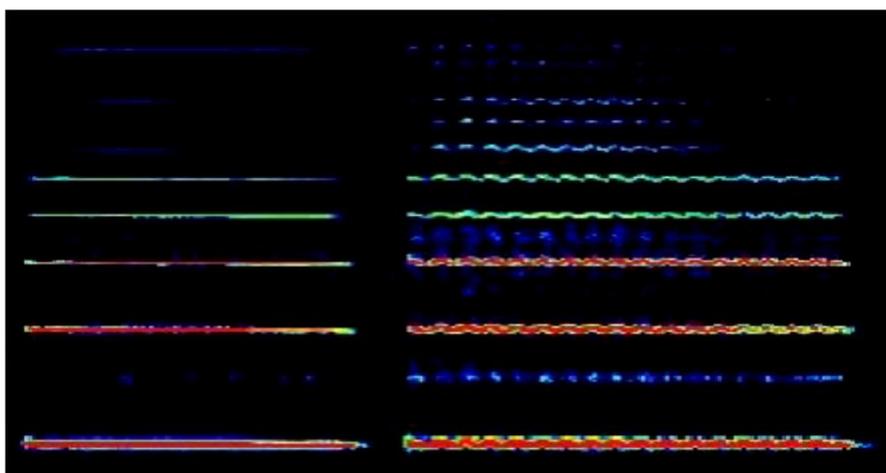
Figura 1: Representação gráfica de período, taxa e extensão do vibrato (variação em cents em relação a uma média).

2.2 Modulação espectral e ruídos

Segundo Garcia, o vibrato produz um enriquecimento espectral no som produzido pelo flautista. Tal enriquecimento é explicado pelo aumento da quantidade e intensidade dos harmônicos, além do surgimento de ruídos que são distintos da frequência fundamental e seus parciais (GARCIA, 2009).

De acordo com Meyer, o som da flauta tem como característica uma estrutura espectral muito uniforme. Segundo o autor, a frequência fundamental é, de maneira geral, o mais desenvolvido de todos os parciais. Para nenhum outro instrumento orquestral essa característica é tão claramente marcada. Com relação aos ruídos existentes no som da flauta, o pesquisador explica que não consiste apenas em ruídos de ar com intensidade independente da frequência, mas também contém componentes que influenciam o som (MEYER, 2009).

Através da Figura 2, podemos observar o gráfico retirado do estudo de Garcia (GARCIA, 2009). Nesta imagem o autor expõe o enriquecimento do espectro sonoro da nota Dó 5 (sendo Dó 3 o Dó central do piano - 262 Hz) na flauta causado pelo uso do vibrato. Além disso, podemos observar o acréscimo de ruído, evidenciando uma nuvem azul entre a frequência fundamental e o próximo harmônico. Para o autor, essa nuvem é uma espécie de “fantasma” do terceiro harmônico (12^a) da nota Dó 4. (MEYER, 2009) acrescenta que a modulação espectral, bem como a modulação de ruído, causadas pelo uso do vibrato, confere ao som do flautista um destaque particular dentro de um conjunto musical.



Fonte: Garcia, 2009, p. 8

Figura 2: Espectrograma da nota Dó 5 sem e com vibrato, respectivamente.

2.3 Curva de frequência

O vibrato na flauta se caracteriza como pequenos crescendos e diminuendos no som, o que provoca variações de intensidade e, como efeito colateral, variações de frequência (FLETCHER, 1975).

Garcia explica que todo flautista é treinado – ou pelo menos assim deveria ser – a compensar as tendências de variação de afinação que acontecem com a dinâmica (GARCIA, 2009). De modo geral, a afinação da flauta tende a subir quando se aumenta a intensidade e a

baixar quando esta é diminuída. Infelizmente, é impossível realizar os pequenos ajustes de embocadura/coluna de ar na velocidade do vibrato, que gira, conforme Fletcher (FLETCHER, 1975, p.236), em torno de 300 oscilações de intensidade por minuto. Deste modo, a curva de frequência, no contexto da presente pesquisa, significa o contorno da flutuação da frequência fundamental provocado pelo uso do vibrato.

O embasamento teórico de nosso trabalho foi feito através do levantamento de autores que investigaram esta variável acústica, não apenas na flauta, mas também no vibrato vocal. Horii (HORII, 1989) investigou amostras de oito cantores que produziram a vogal "a" com vibrato nos registros grave, médio e agudo. Com isso, o autor observou alguns comportamentos na curva da frequência fundamental, chamando-os de *padrões de modulação de frequência*. No geral, três padrões foram identificados em seu estudo, sendo eles: senoidal, triangular e trapezoidal. A Figura 3, retirada do trabalho de Horii, ilustra tais padrões de modulação.

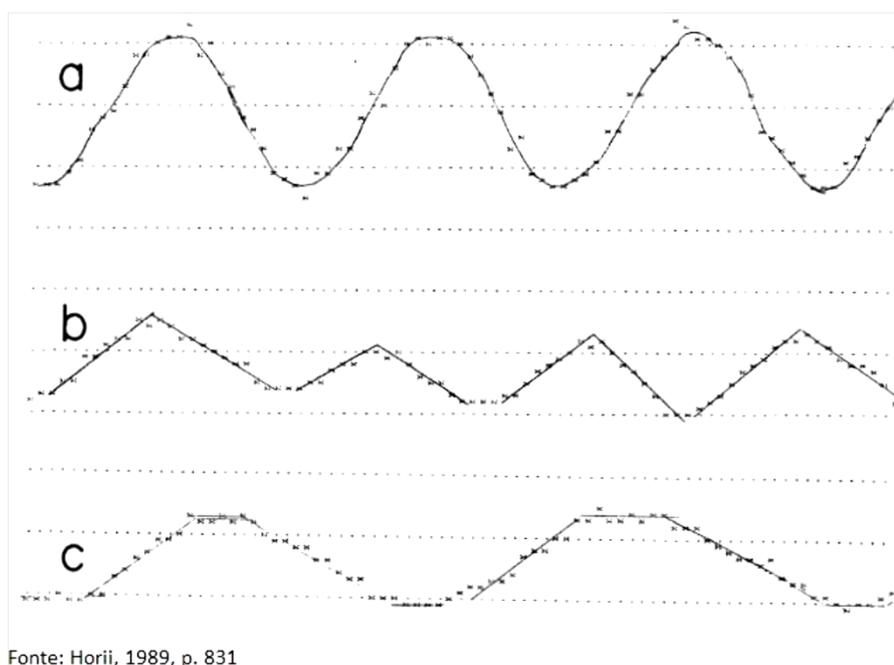


Figura 3: Exemplos de padrões de modulação de frequência senoidal (a), triangular (b) e trapezoidal (c).

De acordo com Horii, das 24 amostras analisadas em seu trabalho, apenas duas apresentaram padrões senoidais. Cinco apresentaram padrões triangulares, dez trapezoidais e sete amostras não apresentaram nenhum dos três padrões. O autor levantou a hipótese de que mudanças finas nas tensões das pregas vocais devem ser efetuadas de maneira diferente para cada um dos três padrões temporais da frequência fundamental no vibrato vocal. Além disso, Horii cita outros trabalhos para falar de padrões de modulação específicos de cada cantor,

como uma marca registrada. O autor não encontrou tais particularidades em sua pesquisa. Segundo ele, nenhuma tendência sistemática (senoidal, triangular e trapezoidal) foi observada em um mesmo cantor quando se alterava de registro (grave, médio, agudo). No entanto, não temos conhecimento sobre os recursos tecnológicos disponíveis na época da pesquisa do autor.

Dalsant também investigou trabalhos relacionados com o desenho da curva de frequência no vibrato vocal e na flauta (DALSANT, 2011). A autora analisou o vibrato de vários flautistas através da gravação das notas Sib3 e Sib4 extraídas da peça *Syrinx* de Claude Debussy. Com isso, observou-se que alguns flautistas apresentavam algumas particularidades com relação a essa variável acústica. Mas, como dito anteriormente, a autora não aprofundou seus estudos sobre essa questão.

Maré identificou algumas irregularidades nos gráficos de seu estudo (MARÉ, 2008). A Figura 4 foi retirada de seu trabalho para ilustrar suas observações. Segundo ele, as irregularidades marcadas de vermelho acontecem porque a flutuação de frequência é resultado da contração dos músculos abdominais, algo que não resultará em uma onda senoidal perfeita. No entanto, o autor não considera o uso dos músculos da garganta como responsáveis pela produção do vibrato e não entra em grandes detalhes sobre a curva de frequência.

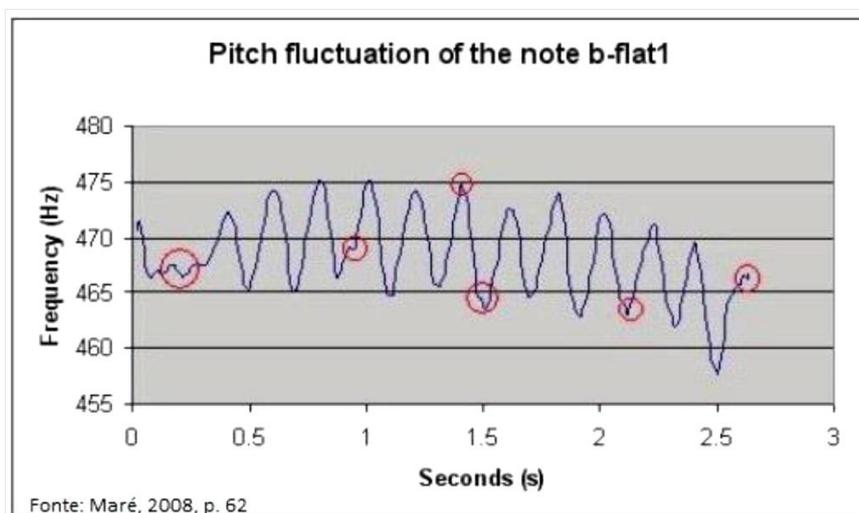


Figura 4: Gráfico de flutuação de frequência da nota Si bemol.

Portanto, podemos dizer que os estudos existentes na literatura sobre a curva de frequência provocada pelo vibrato deixam em aberto algumas questões sobre esse parâmetro acústico. Isso nos leva à próxima sessão do presente artigo, onde será apresentada a metodologia de nossa pesquisa. O objetivo principal foi analisar o desenho da curva de

frequência no vibrato de diferentes flautistas com a intenção de investigar se os aspectos físicos dessa variável contribuem na especificidade do som de cada músico investigado.

3. Metodologia

O processo metodológico da presente pesquisa foi desenvolvido para alcançar os seguintes objetivos: (1) investigar se as curvas de frequência provocadas pelo uso do vibrato na flauta apresentam padrões semelhantes entre os registros, como aqueles descritos por Horii (HORII, 1989) com relação ao vibrato no canto, ou seja, formas triangulares, trapezoidais e senoidais; (2) se existem especificidades no formato da curva de frequência de cada flautista; (3) se tais especificidades são características únicas, como a “impressão digital” de cada participante.

Com a intenção de atingir esses objetivos e com base na metodologia de Horii - onde o autor analisou o vibrato realizado por cantores nos registros grave, médio e agudo - analisamos a curva de frequência no vibrato de 16 (dezesseis) flautistas, sendo 5 profissionais e 11 estudantes do Curso de Graduação em Música da UFMG. Cada participante executou seis notas longas com vibrato, tocadas de maneira livre, ou seja, sem nenhuma orientação quanto à dinâmica ou caráter musical. As três primeiras sempre eram as notas Fá 3, Fá 4 e Fá 5 (sendo Dó 3 o Dó central do piano). As outras três notas eram de livre escolha do flautista, uma no registro grave, outra no médio e outra no agudo. Foi escolhida uma sala com tratamento acústico para minimizar a influência de reverberação na captação do som. As amostras foram registradas através de um gravador H4n da marca Zoom em formato *wave*.

Para a análise das amostras foi preciso realizar uma pesquisa sobre ferramentas tecnológicas que atendessem à demanda de nossa pesquisa. Após alguns testes mal sucedidos com ferramentas diversas, buscamos o auxílio de alguns professores dos cursos de Engenharia Eletrônica da UFMG, que nos apresentaram o *software* PRAAT.

O PRAAT foi criado pelos pesquisadores Paul Boersma e David Weenink do Instituto de Ciências Fonéticas da Universidade de Amsterdã. Esse *software* é uma ferramenta originalmente desenvolvida para a análise da fala, mas também pode ser utilizado para analisar amostras de sons de instrumentos musicais. Para o contexto de nossa pesquisa, precisávamos de uma ferramenta que nos desse o contorno da frequência fundamental das amostras de sons com vibrato. O PRAAT é muito eficiente nesse sentido, pois calcula a frequência fundamental com bastante precisão. O algoritmo que viabiliza esse tipo de informação foi desenvolvido pelo próprio criador do *software*, Paul Boersma.

Além disso, foi preciso executar um *script*, desenvolvido por Rodrigues (RODRIGUES, 2014), para facilitar os cálculos que geram o contorno da flutuação de frequência do vibrato. Em sua pesquisa, Rodrigues também nos informa que o algoritmo do PRAAT não calcula a frequência fundamental através das variações de harmônicos mais altos e sim através das variações de vibrações mais graves. Em termos técnicos, isso significa que o PRAAT não se baseia na transformada de Fourier para o cálculo da frequência fundamental e sim em uma representação no domínio da função de autocorrelação (*lag domain*).

Com a utilização do *script* citado anteriormente, começamos a gerar os gráficos referentes à curva de frequência no vibrato das amostras de nossa pesquisa. Em seguida, eliminamos o início e o final de cada nota, ou seja, o ataque e o decaimento do som, preservando apenas a parte estável. Além disso, foi preciso determinar a duração das amostras para que a configuração de cada gráfico permanecesse a mesma. Sendo assim, um último recorte foi feito, selecionando os dois segundos mais estáveis do vibrato de cada participante. O critério estabelecido para a seleção dos trechos estáveis foi a análise visual dos gráficos.

4. Resultados

O resumo geral (Tabela 1) e alguns gráficos obtidos através dos procedimentos descritos em nossa metodologia serão apresentados neste tópico (Figura 6). Para facilitar a apresentação das características das curvas de frequência de cada amostra, foi necessário estabelecer alguns termos descritivos, tais como *topo*, *base*, *aclive* e *declive*. A Figura 5 ilustra tais definições.

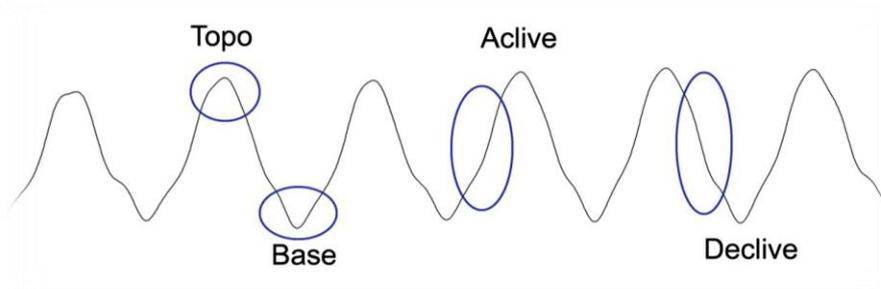


Figura 5: Termos descritivos para o desenho da curva de frequência.

Além disso, utilizamos como referência os três padrões básicos de contorno da modulação de frequência empregados por Horii (HORII, 1989): senoidal, triangular e trapezoidal. Assim sendo, de acordo com a análise visual dos gráficos, observamos as tendências de *aclive mais curto que o declive*, *aclive mais longo que o declive*, *picos na base da onda*, *senoidal*, *triangular* e *trapezoidal*. Aqueles gráficos que apresentaram irregularidades no decorrer do tempo selecionado de dois segundos, foram classificados como *irregulares*.

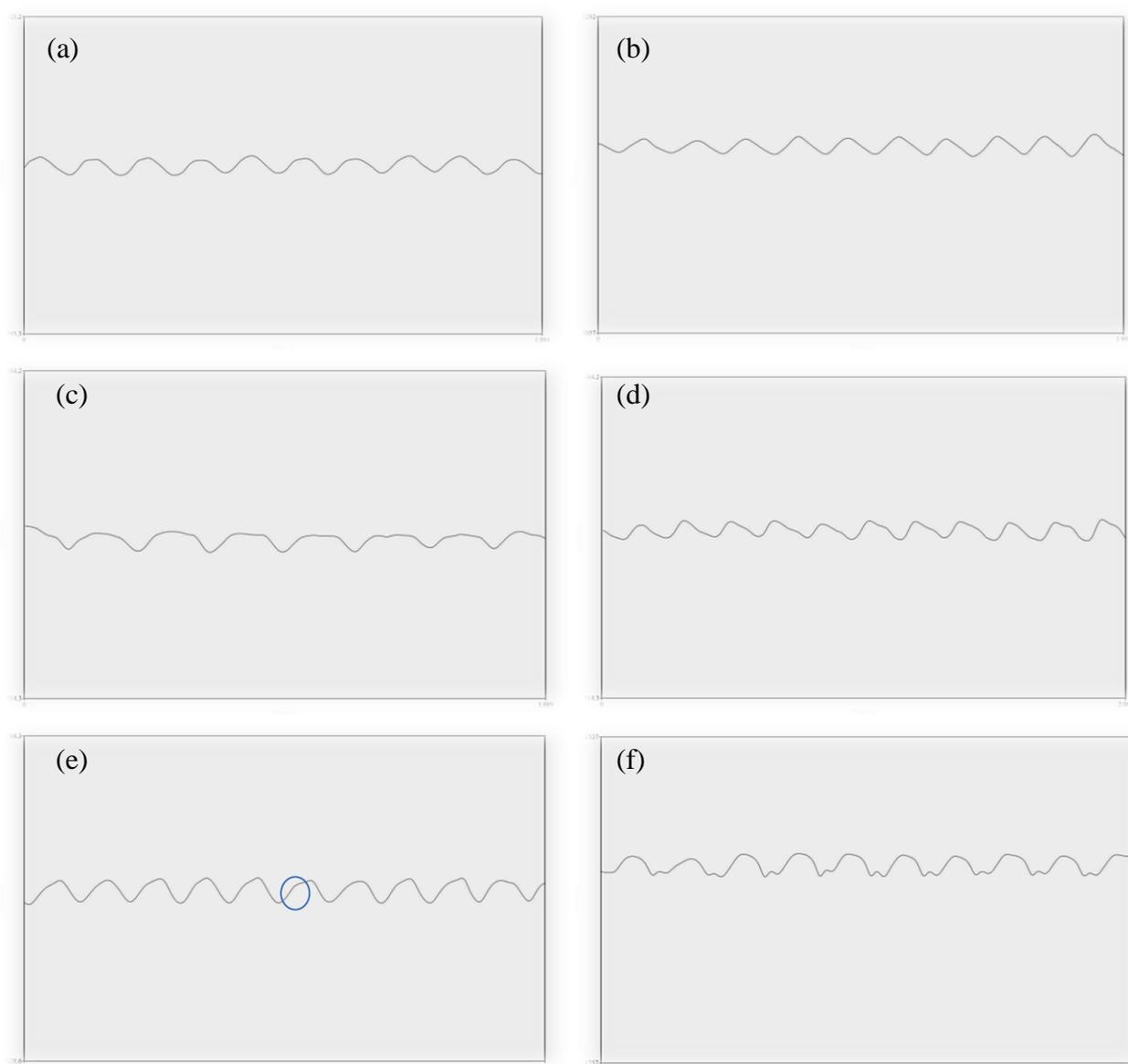


Figura 6: Gráficos de frequência x tempo. Curva de frequência com tendência senoidal (a), triangular (b), trapezoidal (c), aclive mais curto que o declive (d), aclive mais longo que o declive (e) e picos na base da onda (f).

Registro	Tendência senoidal	Tendência triangular	Topo alongado/ *Trapezoidal **Senoidal no topo e triangular na base	Aclive mais curto que declive	Aclive mais longo que declive	Picos na base da onda	Irregular
Grave	Fl.10 (Fá) Fl.4 Fl.5 Total: 5		Fl.11* Fl.13 Total: 4	Fl.1 Fl.2 Fl.3 Fl.5 Fl.8 Fl.12 (Fá) Fl.14 (Sol) Fl.15 Fl.16 Total: 16		Fl.10 (Dó) Total: 1	Fl.3 Fl.6 Fl.7 Fl.9 Fl.12 (Sol#) Fl.14 (Fá) Total: 10
Médio	Fl.4 (Fá) Fl.5 (Mi) Fl.9 (Fá) Fl.10 (Fá) Fl.12 (Fá) Fl.13 (Fá) Fl.14 (Lá) Fl.15 (Fá) Fl.16 Total: 10	Fl.1 (Sol) Fl.4 (Dó) Fl.10 (Sol) Fl.11 (Fá) Total: 4	Fl.1 (Fá)* Fl.3(Fá)* Total: 2	Fl.1 Fl.9 (Fá) Fl.10 (Sol) Fl.12(Ré#) Fl.15 (Sol) Total: 6	Fl.2 (Fá) Fl.8 (Fá) Fl.13 (Sol) Total: 3	Fl.2 (Sol) Total: 1	Fl.3 (Sol) Fl.5 (Fá) Fl.6 Fl.7 Fl.9 (Sol) Fl.11 (Dó) Fl.14 (Fá) Total: 9
Agudo	Fl.2 Fl.3 (Fá) Fl.4 (Fá) Fl.14 (Lá#) Total: 5	Fl.4 (Ré) Fl.10 Fl.11 Total: 5	Fl.3 (Ré)** Fl.9** Fl.13 (Fá) Total: 4	Fl.12 (Fá) Fl.15 (Lá) Total: 2	Fl.11 (Ré) Fl.13 (Lá) Total: 2	Fl.1 Fl.5 Fl.8 (Sol) Fl.15 (Fá) Fl.16 Total: 8	Fl.6 Fl.7 Fl.8 (Fá) Fl.12 (Ré) Fl.14 (Fá) Total: 4

Tabela 1: Resumo geral - tendências da curva de frequência no vibrato dos flautistas (Fl.) analisados.

5. Discussão

Decidimos fazer considerações sobre o comportamento da curva de frequência no vibrato ao invés de classificarmos nossas amostras apenas nos formatos descritos por Horii (HORII, 1989). Desta forma, observamos três tendências que não foram discutidas nos estudos precedentes: (1) aclive da onda mais curto que o declive, (2) aclive mais longo que o declive e (3) picos na base da onda. Tais tendências foram muito frequentes no vibrato dos participantes.

Com relação à repetição das tendências entre os registros, podemos dizer que nenhum flautista apresentou essa característica. Apenas cinco participantes apresentaram uma tendência semelhante para cada registro, individualmente. Ou seja, o flautista 5, por exemplo, apresentou aclive mais curto que o declive no registro grave, tendência senoidal no registro médio e picos na base da onda no registro agudo. O aclive mais curto que o declive foi a tendência mais comum entre os flautistas, principalmente no registro grave. 23 amostras apresentaram formas irregulares que dificultaram suas classificações e apenas uma amostra apresentou pequenas depressões no topo da onda, a nota Lá 4 executada pelo flautista 8.

Com isso, surgiu a seguinte questão: já que o desenho da curva de frequência dificilmente se mantém o mesmo entre os registros, essa variável acústica pode então ser excluída dos fatores que influenciam na identidade sonora de um flautista? Acreditamos que não. As variações que ocorrem na curva de frequência, em um curto intervalo de tempo (aproximadamente 0,05 segundos), podem ter uma forte influência na percepção geral do vibrato. Como dito anteriormente, o vibrato é um importante fator na especificidade sonora de um flautista. Dentre os participantes de nossa pesquisa, cinco são profissionais que dominam a técnica do vibrato perfeitamente. Além disso, podemos dizer que cada um desses músicos apresenta um vibrato com características individuais do ponto de vista da percepção sonora. Sendo assim, uma questão importante agora é saber o que causa essas pequenas variações na curva de frequência.

6. Conclusões

O presente trabalho investigou a curva de frequência provocada pelo uso do vibrato na flauta. Através dos resultados de nossa pesquisa, pode-se concluir que:

(1) Identificamos os padrões na curva de frequência do vibrato na flauta como aqueles descritos por Horii (HORII, 1989), ou seja, formas senoidais, triangulares e trapezoidais. No entanto, tratamos esses padrões como tendências da curva de frequência. Tais tendências não se repetem entre os registros do instrumento; (2) Observamos três tendências que não foram discutidas nos estudos precedentes: (a) aclive da onda mais curto que o declive, (b) aclive mais longo que o declive e (c) picos na base da onda; (3) Mesmo sem apresentar um contorno semelhante nos três registros (grave, médio, agudo), os participantes possuem particularidades nessa variável acústica. Ou seja, quando vários flautistas apresentaram a mesma tendência para um dos registros, o contorno da onda sempre era diferente; (4) As particularidades encontradas na curva de frequência do vibrato dos

participantes são características que precisam ser melhor investigadas. Com isso, poderíamos quantificar o quanto essas particularidades contribuem para a identidade sonora dos flautistas.

Finalmente, acreditamos que o estudo proposto pela presente pesquisa tenha sido mais um passo em direção à compreensão das variáveis acústicas presentes no vibrato da flauta. Sabemos que o caminho é longo e esperamos que nosso trabalho instigue a curiosidade de pesquisadores e estudantes do instrumento, tanto no que diz respeito a pesquisas sobre esse tema como na busca de aprimoramento e soluções práticas para essa ferramenta interpretativa.

Referências

DALSANT, Jéssica. *Avaliação de duas ferramentas para representação das variáveis acústicas implicadas no vibrato da flauta*. Dissertação (Mestrado em Performance Musical). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

FLETCHER, N. H. Acoustical correlates of flute performance technique. *The Journal of the Acoustical Society of America*. New York, v. 57, n. 1, p. 236, 1975.

GARCIA, M. F. O vibrato na flauta transversal: em busca de um olhar objetivo. In: IX ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLAUTISTAS, 2009, Uberlândia. *Anais do IX Encontro da Associação Brasileira de Flautistas*. v. único, p.1-8, 2009.

HORII, Y. Frequency modulation characteristics of sustained /a/ sung in vocal vibrato. *Journal of Speech Hearing Research*, v. 32, p. 829-836, 1989.

MARÉ, M. *Influential Factors in the Application of Flute Vibrato*. MMus (Music Performance). Faculty of Arts Stellenbosch University, Stellenbosch, 2008.

MEYER, J. *Acoustics and the Performance of Music: Manual for Acousticians, Audio Engineers, Musicians, Architects and Musical Instrument Makers*. Springer Science, 50ed. 2009.

RODRIGUES, M. A. *O vibrato no violão: aspectos qualitativos e quantitativos*. Dissertação (Mestrado em Sonologia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

TIMMERS, R; DESAIN, P. Vibrato: questions and answers from musicians and science. *Proceedings of the Sixth International Conference on Music Perception and Cognition*, v.2, 2000.

SUNDBERG, J. *The science of the singing voice*. DeKalb, Illinois: Northern Illinois University Press, 1987.

SUNDBERG, J. Quarterly progress and status report: acoustic and psychoacoustic aspect of vocal vibrato. *StL-QPSR*, v. 35, p. 45-68, 1994.