



Análise espectral aplicada a um estudo comparativo do efeito de diferentes surdinas no violino

Marcus Vinicius da Silva Evangelista¹

Maurício Freire Garcia²

Resumo: O presente trabalho relata um estudo piloto dos efeitos produzidos no som do violino pela utilização de três diferentes surdinas. Emprega-se a análise espectral digital como ferramenta para aferir as modificações geradas no espectro do som (variação na intensidade das parciais harmônicas) das quatro cordas soltas do instrumento sem e com a utilização das três surdinas. A partir dos efeitos percebidos no som e sua descrição objetivada pela análise espectral, relaciona-se tais alterações com o funcionamento conhecido do cavalete, peça essencial na composição do timbre do instrumento, levantando-se questões passíveis de futuros estudos, tais como: objetivação da descrição do timbre, compreensão de como as características físicas da surdina vão determinar seu efeito no som do instrumento a partir da alteração da vibração normal do cavalete e a utilização do estudo de tais variações como meio para ampliar o conhecimento acerca do funcionamento acústico do instrumento.

Palavras-chave: Surdina. Violino. Timbre. Análise espectral. Análise Acústica.

Spectral analysis applied to a comparative study of the effect of different mutes on violin

Abstract: This paper describes a pilot study of the effects produced on the violin sound by using three different mutes. Digital spectral analysis was used as a tool to measure the changes generated in the sound spectrum (variation in the intensity of harmonic partials) of the four loose strings of the instrument with and without the use of the three mutes. From the perceived effects on the sound and its objectified description by spectral analysis, the relationship between such changes with the known operation of the bridge, an essential piece in the instrument's timbre composition, is explored, rising issues subjected to future studies, such as the objective description of timbre, understanding how the physical characteristics of the mute will determine its effect on the sound of the instrument from the change in the normal stand vibration and the use of the study of such variations as a means to increase knowledge about the sound operation of the instrument.

Keywords: Mute. Violin. Timbre, Spectral Analysis, Acoustical Analysis

¹ Graduado em Licenciatura em Educação Artística com Habilitação em Música, Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Escola de Música, marcusvsev@gmail.com

² Doutor - Professor Titular da Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Escola de Música. mgarcia@ufmg.br



Introdução:

Dentre todos os atributos do som, o timbre revela-se o mais complexo: fruto de toda uma gama de fatores, sujeito a grandes variações ao longo da extensão de um mesmo instrumento ou de uma mesma voz, sofre alterações diretas devido à intensidade com que se emite o som ou às diferentes articulações possíveis para essa emissão. No entanto, mesmo com todas essas variantes, em condições normais, distinguimos o som de uma flauta daquele de um violino quando ambos tocam uma mesma melodia, mesmas alturas, mesmas durações, mesma dinâmica. De forma análoga distinguimos se está sendo usado o arco do violino ou os dedos (pizzicato). E, geralmente, reconhecemos prontamente uma voz nossa conhecida ao telefone – ainda que distorcida pela transmissão. Como colocam Maurício A. Loureiro e Hugo B. de Paula em seu artigo “Timbre de um instrumento musical: caracterização e representação”:

O conceito abstrato aparentemente simples de timbre refere-se comumente à cor ou à qualidade do som. É percebido a partir da interação de inúmeras propriedades estáticas e dinâmicas do som, agregando não apenas um conjunto extremamente complexo de atributos auditivos, mas também uma enorme gama de fatores que traduzem aspectos psicológicos e musicais. Sua definição oficial pela ASA (*American Standard Association*) o dissocia dos conceitos de intensidade e altura: “atributo do sentido auditivo em termos do qual o ouvinte pode julgar que dois sons similarmente apresentados com a mesma intensidade e altura, são dissimilares.” (RISSET;WESSEL, 1999 apud LOUREIRO; PAULA, 2006, p.57-58).

À parte dos componentes relacionados à psicoacústica que têm um grande impacto na compreensão do fenômeno da percepção do timbre e à necessária contextualização do objeto de estudo sonoro em seu ambiente musical (quando se trabalha especificamente com o timbre de instrumentos musicais), a observação do som em si fornece medidas acústicas que possibilitam análises quantitativas de vários dos componentes que concorrem para a percepção do timbre (intensidade, ataque, envelope de amplitude etc.) e, notadamente, das parciais harmônicas, como destacam os autores do mesmo artigo citado:

Trabalhos de pesquisa já realizados na década de 60 mostraram ser bastante adequada a representação de sons de instrumentos musicais através de curvas de variações temporais das amplitudes e das frequências dos componentes harmônicos (LUCE, 1963; FREEDMAN,



1965; LUCE e CLARK, 1965; RISSET, 1965; LUCE e CLARK, 1967; STRONG e CLARK, 1967b, 1967a; FREEDMAN, 1968; GREY, 1975; GORDON e GREY, 1978; GREY, 1978; MCADAMS e BREGMAN, 1979; RISSET e WESSEL, 1999). (LOUREIRO; PAULA, 2006, p.59-60).

Destaca-se ainda o trabalho do compositor e pesquisador Robert Cogan, do New England Conservatory de Boston, intimamente ligado à análise espectrográfica aplicada à música, do qual obras como *Sonic Design*³ e *New Images of Musical Sound*⁴ trouxeram um enfoque revolucionário para a análise musical nos anos 70 (GARCIA, 2005). Nesse contexto, a análise espectral é utilizada neste estudo como ferramenta essencial na compreensão do fenômeno acústico do timbre ao permitir acompanhar a evolução temporal da descrição espectral das amostras sonoras.

Desde o séc. XIX o violino tem sido alvo de inúmeras pesquisas e trabalhos científicos e seu funcionamento acústico vem sendo descrito, em suas várias facetas, em trabalhos que remontam desde aos do físico francês Félix Savart (1791-1841), considerado um dos pioneiros na matéria, passando pelos do fisiologista e físico alemão Hermann von Helmholtz (1821-1894), que elucidou o tipo de vibração que distingue a corda excitada por um arco (*bowed string*) da corda tangida (*plucked string*) – dentre inúmeras outras contribuições na área da acústica, até às pesquisas mais recentes, como a obra de Lothar Cremer (1905-1990) *The Physics of the Violin* de 1981, que resume o conhecimento sobre a acústica dos instrumentos de corda desde o século XIX; atualmente, com o grande desenvolvimento da tecnologia digital ocorrido nas últimas décadas, inúmeras novas ferramentas foram disponibilizadas para esse campo de pesquisa, auxiliando nas atividades de vários estudiosos que trabalham na caracterização e modelagem das propriedades acústicas do violino, dentre os quais se pode citar: George Bissinger e Robert Schumacher (EUA), Erik Jansson (Suécia), Collin Gough e Jim Woodhouse (Grã Bretanha), Xavier Boutillon (França), John McLennan (Australia) e Akihiro Matsutani (Japão). (DONOSO et al., 2008).

Percebe-se, porém, que há ainda um grande campo de estudo para a descrição espectral das características do som do instrumento, em sua objetivação final, ou seja, na análise de toda a extensão do mesmo em suas múltiplas possibilidades. A descrição das propriedades acústicas do instrumento em si – de caráter geral, físico-acústico – não

³ COGAN, Robert; ESCOT, Pozzi. **Sonic design: The nature of sound and music**. Prentice Hall, 1976.

⁴ ROBERT, Cogan. **New Images of Musical Sound**. Cambridge: Publication Contact International, 1998.



considera, necessariamente, a grande variação espectral que se pode observar ao longo da extensão do mesmo (cerca de quatro oitavas), ou, ainda, ao se analisar as múltiplas possibilidades de emissão de uma mesma nota (utilizando-se cordas diferentes ou efeitos de articulação variados), e, mesmo, as alterações decorrentes da dinâmica. Da mesma forma, fatores como tipo e tempo de uso das cordas (sejam elas de tripa, metal ou perlon⁵) produzem significativas alterações espectrais. E é dentro desse contexto, marcado por tal variedade de possibilidades, que a utilização da surdina nos instrumentos de arco presta-se, exatamente, a proporcionar uma variante de timbre para os mesmos. Com largo emprego na orquestração, como um recurso capaz de criar “atmosferas” muito distintas da sonoridade típica dos naipes de cordas, pode ser, igualmente, observada no contexto da música de câmara.

O presente trabalho investiga as alterações espectrais provocadas por três diferentes tipos de surdina, no som das notas tocadas pelas cordas soltas do violino: Mi 4, Lá 3, Ré 3 e Sol 2⁶. Relata um estudo piloto para uma pesquisa mais ampla, que terá como objetivo compreender melhor o funcionamento de tais dispositivos no contexto do estudo da sonoridade do violino, determinada por suas características físico-acústicas, que buscará esclarecer de que maneira as surdinas alteram tais características a partir de sua interação com o cavalete.

Embasamento teórico: física do instrumento, funcionamento do cavalete e surdina

Os inúmeros fatores que concorrem para a resultante final do som do violino são apresentados sinteticamente de maneira bastante objetiva por José Pedro Donoso e demais autores em seu artigo “A física do violino”: “O som do violino resulta da forma de onda originada pela excitação das cordas pelo arco modulada pelas vibrações e ressonâncias do corpo do violino, seus tampos e o cavalete.” (DONOSO et al., 2008, p.16). Tal processo pode ser representado como mostrado na figura 1, e, nesse contexto, o papel do cavalete é de particular relevância.

⁵ Material sintético utilizado na confecção da parte interna das cordas que aproxima, em certa medida, o som das mesmas do timbre característico dos antigos encordoamentos de tripa, porém, com muito menor perda de intensidade – som menos metálico do que o dos encordoamentos de metal.

⁶ Considerando-se o Dó 3 corresponde ao Dó central do piano, 261 Hz, conforme o sistema de notação franco belga.

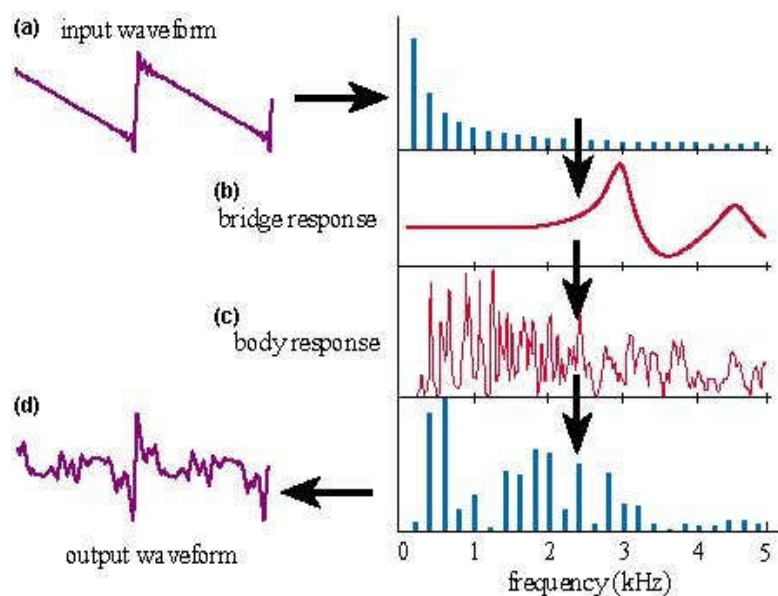


Figura 1 - Descrição das diferentes componentes que geram o espectro final do timbre do violino (C. Gough, Science and the Stradivarius, Physics World. April 2000)

O cavalete (fig. 2) atua como um transdutor mecânico, tendo como principal função transformar (“girar”) os modos de vibração transversais das cordas em modos vibracionais da caixa de ressonância. Observa-se, também, que ele atua como um filtro acústico (passa-baixas), suprimindo certas frequências indesejáveis. (FLETCHER; ROSSING, 2012).

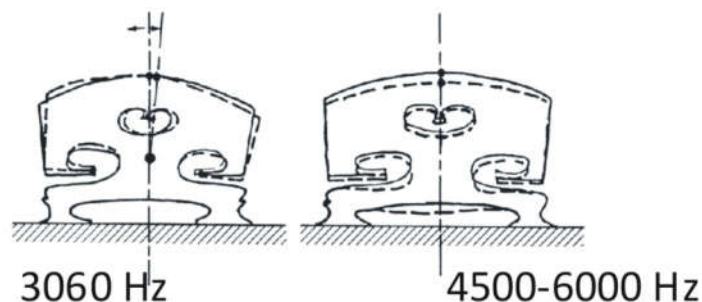


Figura 2 - Cavalete (modos de vibração)

$f \leq 1300$ Hz: som cheio, muito valorizado no instrumento

1300 - 1800 Hz: som nasal, indesejável

$f \geq 1800$ Hz som brilhante, claro

(DONOSO et al., 2008)



Tais efeitos estão diretamente associados à forma (sendo atribuída grande importância ao orifício central, denominado “coração”, e aos laterais, denominados “ouvidos”) e demais características físicas do cavalete (sobretudo espessura). As surdinas vão, justamente, alterar os modos de vibração do cavalete, por meio do contato físico com o mesmo. A partir do momento em que o dispositivo é acoplado ao cavalete, a natureza de sua vibração em “estado livre” e, conseqüentemente, da transmissão da vibração das cordas efetuada pelo mesmo ao corpo do instrumento é modificada.

As surdinas utilizadas nos instrumentos de arco podem ser descritas como dispositivos de formas variadas, confeccionados em diferentes materiais (madeira, borracha, metal e materiais sintéticos) acoplados, geralmente, ao cavalete dos instrumentos, com ou sem contato direto com as cordas. Produzem basicamente dois efeitos: diminuição da intensidade do som emitido pelo instrumento e alteração no timbre do mesmo. Pode-se considerar que, do ponto de vista da performance artística, o motivo de sua utilização seja a alteração do timbre, sendo a redução da intensidade do som dos instrumentos apenas um “efeito colateral”. Hoje, porém, são produzidas surdinas, designadas genericamente como sendo “para estudo”, cujo objetivo principal visado é, justamente, a redução da intensidade do som do instrumento (em alguns casos de maneira radical – sendo por vezes denominadas “abafadores”), de maneira a possibilitar a prática do instrumento em ambientes ou circunstâncias onde seja necessário que ele emita o mínimo de som possível.

Pesquisa bibliográfica realizada até o momento indica que há pouco material sobre o assunto, havendo casos em que se descreve a utilização de surdinas apenas com o objetivo de pesquisar o funcionamento do cavalete, não sendo o dispositivo em si o foco dos estudos. Tal impressão é reforçada pelas surdinas encontradas no mercado que, geralmente, não trazem nenhuma especificação técnica fornecida pelos fabricantes sobre seu funcionamento e/ou efeitos no timbre do instrumento, sugerindo uma base meramente empírica para a confecção das mesmas.

A análise espectral e interpretação de um espectrograma⁷

Os programas de análise espectral utilizam a Transformada Rápida de Fourier – FFT (Fast Fourier Transform). Segundo o Teorema de Fourier⁸, um sinal periódico qualquer é composto de (ou pode ser decomposto em) uma serie de ondas senoidais com frequências múltiplas inteiras da frequência fundamental f , cada uma com uma determinada amplitude e uma determinada fase, mais uma componente contínua. As ondas senoidais múltiplas inteiras n da fundamental são chamadas harmônicos de ordem n .

A onda senoidal é a onda mais simples ou pura que existe, pois, tem uma única frequência, e para completar a sua descrição basta indicar a sua amplitude (valor absoluto máximo atingido) e a sua fase. O espectro de uma senoide é uma raia (pois ocupa uma única frequência), com altura igual à amplitude.

O espectro, portanto, é a representação das componentes num gráfico que mostra suas amplitudes versus frequência, sendo a forma da onda a representação dos valores instantâneos em função do tempo (fig.3).

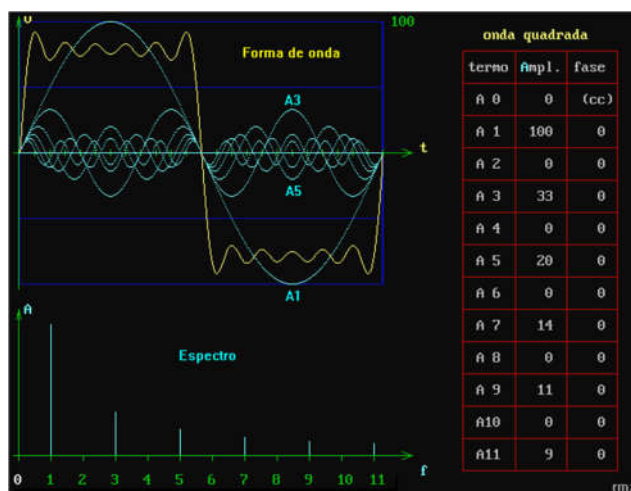


Figura 3- Espectro e Forma da Onda (retirado do site <http://www.qsl.net/py4zbz/teoria/espectro.htm>)

⁷ As informações desse tópico foram retiradas do site: <http://www.qsl.net/py4zbz/teoria/espectro.htm>, acessado em 28/10/2016.

⁸ Jean-Baptiste Joseph Fourier: matemático francês (1768-1830) que desenvolveu pesquisa sobre a decomposição de funções complexas em somas de funções periódicas simples.

Já o espectrograma representa a evolução da frequência dos termos (ou do espectro) do sinal em função do tempo. Para mostrar a amplitude podemos usar uma escala de cores convencionalmente previamente. Quando aplicado a uma análise acústica, isto implica em decompor sinais acústicos complexos em seus componentes, tais como parciais harmônicas (frequências resultantes dos múltiplos inteiros da frequência da fundamental), ruídos (“nuvens” azuis) e suas intensidades relativas, como se observa na fig. 4.

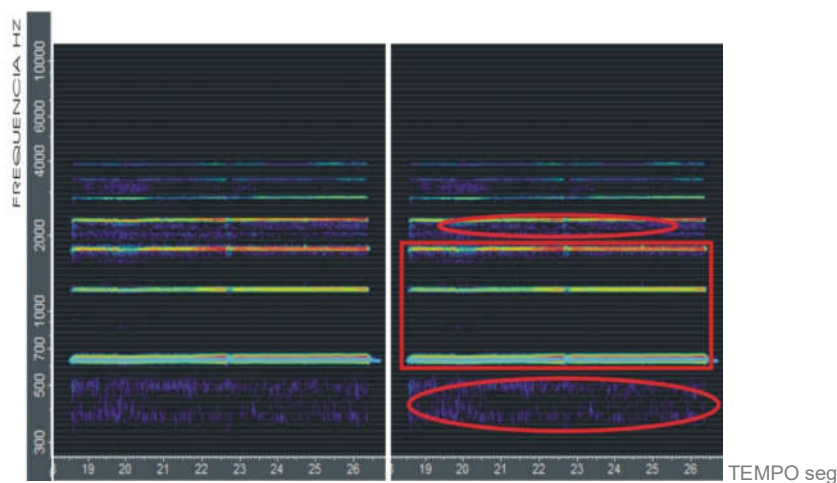


Figura 4 - Espectrograma analisado: retângulo - fundamental e os dois primeiros harmônicos; círculos - ruídos; maior intensidade das parciais indicada por cores: de azul para vermelho.

Metodologia:

O presente estudo teve como origem o trabalho final realizado para a disciplina “Tópicos em música: análise espectral aplicada à performance musical”, ministrada no primeiro semestre de 2016 pelo Prof. Maurício Freire Garcia na Escola de Música da UFMG, no curso de pós-graduação da mesma. A partir do levantamento, desenvolvido ao longo da disciplina, das possibilidades para a aplicação da análise espectral na investigação da sonoridade dos instrumentos musicais, foi definido o violino como objeto de estudo específico do autor, e, no âmbito do mesmo, o início de uma pesquisa a respeito de surdinas.

Todas as amostras sonoras utilizadas no presente estudo foram feitas com um mesmo instrumento, um violino artesanal de autoria desconhecida, provavelmente alemã, de aproximadamente 120 anos. Utilizou-se no mesmo um encordoamento nacional, de perlon (marca Calixto), com uma semana de uso.

Foi utilizado na pesquisa um captador piezo elétrico, da marca Cherub modelo WCP-60V, de fabricação chinesa, apresentado pelo fabricante como próprio para violino – embora não seja disponibilizada nenhuma especificação técnica do mesmo (fig. 5). Não obstante, o dispositivo forneceu um sinal de áudio forte e regular, capaz de preservar razoavelmente a sonoridade típica do violino. A opção por se fazer a amostragem do som do instrumento com um captador e não com microfones foi definida pela maior praticidade possibilitada pelo mesmo, pois, este elimina praticamente todo o problema relativo à interferência de ruídos ambientes e, também, de tratamento do sinal de áudio (questões inerentes ao uso de microfones), dispensando-se, assim, a necessidade de um estúdio.



Figura 5 - Captador Cherub utilizado na pesquisa

O captador foi utilizado sempre no tampo superior, acoplado ao “F”⁹ do lado das cordas graves (fig. 6), posição onde se conseguiu um resultado mais fiel à sonoridade original do instrumento. O mesmo foi ligado diretamente à entrada de microfone do notebook, sem nenhum tipo de interface de áudio ou pré-amplificação. Mantiveram-se sempre, durante as gravações, os mesmos níveis de entrada do microfone (captador) no programa e de todos os demais parâmetros variáveis.

Visando padronizar o máximo possível as amostragens, todas as notas foram executadas com 4 segundos de duração, duas vezes cada (uma arcada para baixo e uma para cima, tocadas em sequência) utilizando-se o arco inteiro e mantendo-se fixo um ponto de contato¹⁰ médio em relação ao cavalete (fig. 6); dentro desses parâmetros buscou-se a resposta mais “natural” do instrumento, descrita normalmente em termos de dinâmica como mezzo-forte.

⁹ Aberturas da caixa acústica do instrumento com formato aproximado da letra “F” estilizada.

¹⁰ Ponto em que o arco toca a corda, sendo descrito quanto à sua maior ou menor proximidade em relação ao cavalete; o ponto de contato tem uma grande influência quanto ao timbre e à intensidade do som obtido.



Figura 6 - Instrumento utilizado nas gravações, posição do captador e ponto de contato adotado em todas as amostras.

Todas as gravações e os espectrogramas utilizados no presente trabalho foram feitos com o software Overtone Analyzer Premium 4.0.0, produzido pela empresa Sygyt Software.

Análise descritiva dos resultados:

As três surdinas utilizadas nesta pesquisa (fig. 7), todas adquiridas em Belo Horizonte, de acordo com o já relatado anteriormente, não apresentam nenhuma especificação técnica em suas embalagens. A primeira da marca “Tourte” é feita de borracha macia, formato circular e pequeno porte, sem indicação de origem, bastante popular entre os instrumentistas; a segunda indica, em sua embalagem, ter sido produzida na Índia, em ébano, madeira escura de alta densidade (rígida). Provavelmente é o modelo mais antigo dentre as três utilizadas, hoje apresentada eventualmente como sendo “de estudo”, devido à grande alteração que provoca na intensidade do som do instrumento; a terceira, de fabricação nacional, da marca “Paganini”, denominada “Garfo 5 pontas”, confeccionada em material sintético mais rígido do que o da primeira, seria uma representante típica das modernas “surdinas de estudo”.



Figura 7 - surdinas utilizadas no presente estudo

A seguir os espectrogramas das cordas soltas do violino registrado sem e com as três surdinas (fig. 8, 9, 10 e 11):

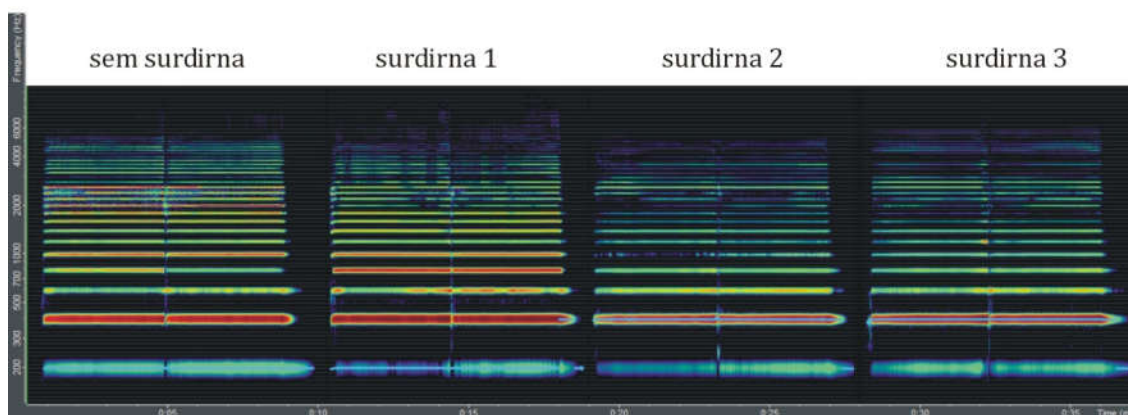


Figura 8 - Espectrogramas da corda Sol sem e com as 3 surdinas utilizadas no estudo (Sol 2 – 196 Hz)

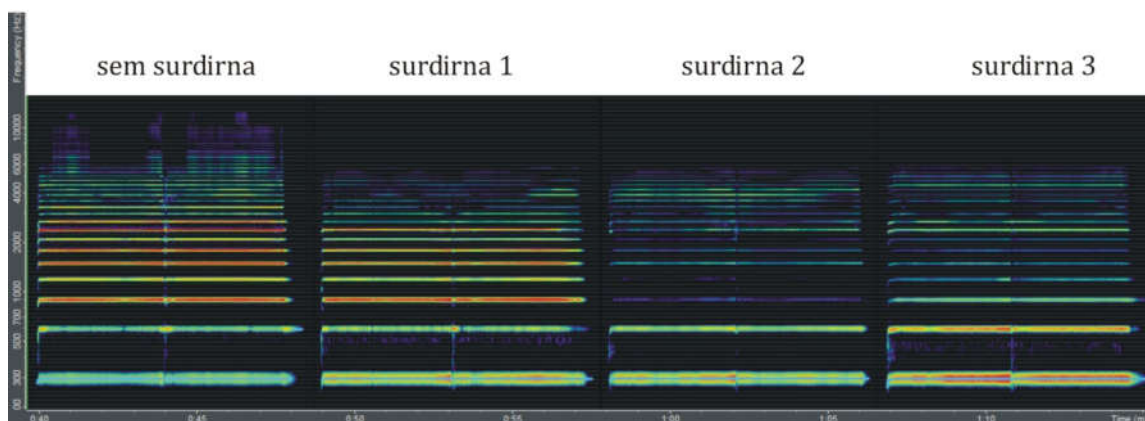


Figura 9 - Espectrogramas da corda Ré sem e com as 3 surdinas utilizadas no estudo (Ré 3 – 294 Hz)

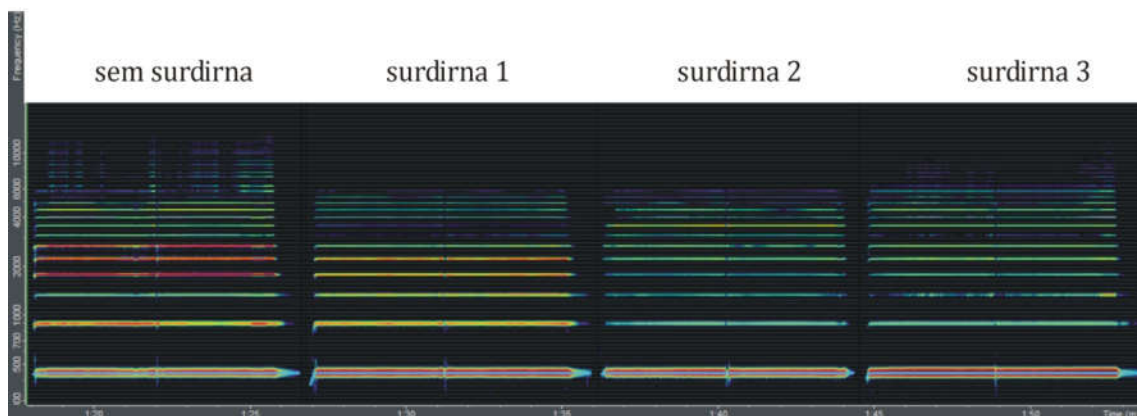


Figura 10 - Espectrogramas da corda Lá sem e com as 3 surdinas utilizadas no estudo (Lá 3 – 440Hz)

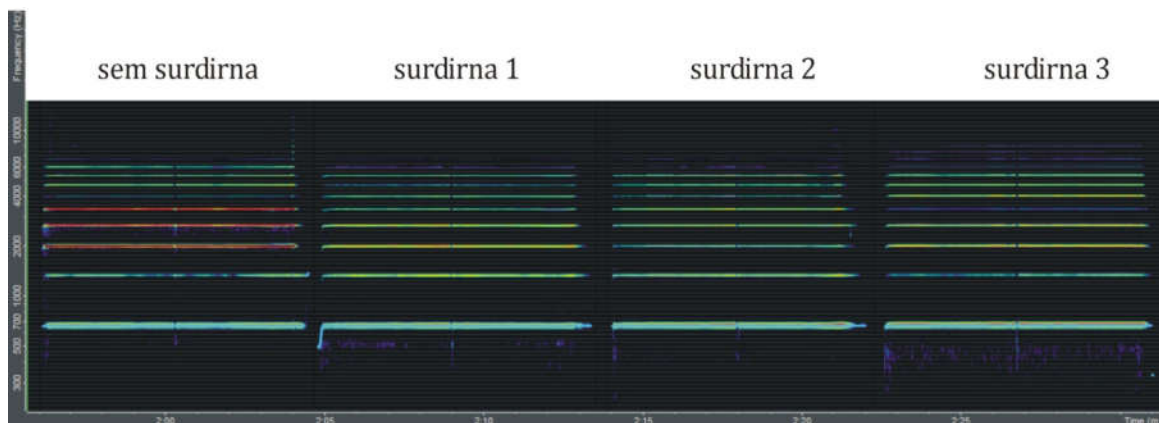


Figura 11 - Espectrogramas da corda Mi sem e com as 3 surdinas utilizadas no estudo (Mi 4 – 659 Hz)

O efeito geral das 3 surdinas foi de reduzir a intensidade do som (nível total de energia) do instrumento em níveis variados. Em todas as cordas, e com todas as surdinas utilizadas, se percebe alterações nos espectrogramas bem definidas em um mesmo sentido: diminuição da intensidade dos harmônicos superiores, e, em menor grau, dos intermediários, eventual aumento da intensidade dos primeiros harmônicos (dependendo da surdina e da corda), e reforço relativo das fundamentais de todas as cordas, menos da Sol. Na sequência, se analisa os efeitos de cada uma delas separadamente.

A surdina 1 (“Tourte”), num primeiro momento, aparenta alterar pouco a sonoridade do instrumento, tanto em relação ao timbre, quanto, principalmente, em relação à intensidade. Analisando-se, porém, os espectrogramas, nota-se que há alterações muito significativas na distribuição das intensidades dos harmônicos, que refletem de maneira objetiva a variação na sonoridade observada em cada corda com a sua utilização. Ainda que sutil, a relação entre efeito sonoro e análise espectral é clara: na corda Sol, como se pode observar na figura 8, há um reforço na intensidade do 3º e 4º harmônicos¹¹ e discreta redução na dos harmônicos superiores, com perda de intensidade da fundamental, composição que atenua levemente o brilho da sonoridade, sem comprometer significativamente a intensidade. Já na corda Ré (fig. 9), há um significativo reforço da fundamental e do 2º harmônico, com perda mais clara da intensidade dos harmônicos superiores; novamente mantendo similaridade com a sonoridade original, com ligeira perda de energia.

¹¹ Para o presente estudo se considerou a fundamental como o primeiro harmônico – F1.

Nas duas primeiras cordas do instrumento¹², porém, a análise espectral, destacada na fig. 12, reflete a maior alteração na sonoridade que se percebe auditivamente pela escuta dos registros sonoros. Observa-se na corda Lá a redução da intensidade de todos os harmônicos a partir do 4º, à parte discreto aumento da intensidade da fundamental e do 3º harmônico. Na corda Mi, nota-se, também, pouco reforço da fundamental e do 2º harmônico e redução de todas as demais parciais, notadamente da 3ª, 4ª e 5ª. Tal composição espectral revela-se na escuta do som como uma maior perda de intensidade, em relação às cordas graves e maior perda de brilho no som.

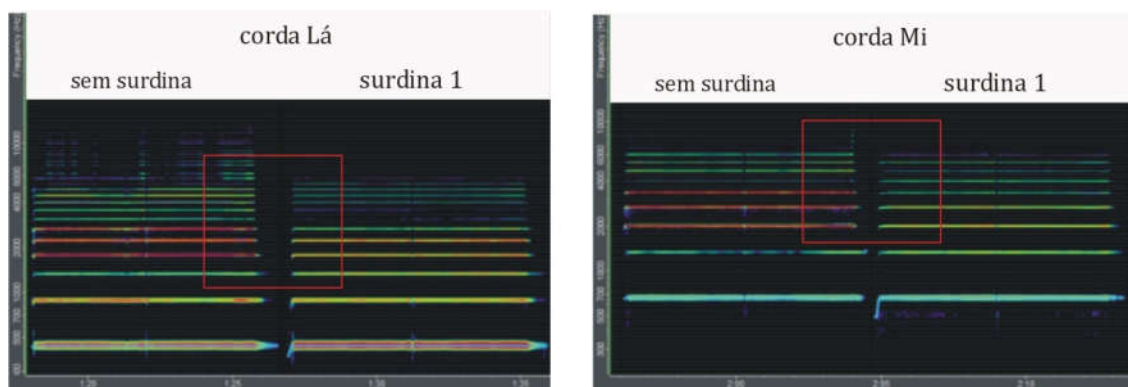


Figura 12 - Cordas Lá e Mi sem surdina e com a utilização da surdina 1

A surdina 2 mostrou-se a de efeito mais acentuado. Confeccionada em madeira de ébano, completamente rígida, produziu o efeito mais forte nas amostras sonoras colhidas e, conseqüentemente, as maiores alterações espectrais. Foi a que gerou a maior redução na intensidade do som, efeito compreensível pela análise espectral, ao se observar, por exemplo, o espectrograma da corda Sol (fig. 8), onde ocorre um reforço relativo da intensidade apenas do 3º harmônico e perda de intensidade em todas as demais componentes, inclusive a fundamental.

Esta surdina de madeira revelou nos espectrogramas certa tendência a preservar um pouco a intensidade dos harmônicos finais do espectro sonoro das cordas soltas, com um grande corte na área central do registro, como se pode observar na corda Lá (fig. 13) onde há uma diminuição relativa muito maior do 4º, 5º e 6º harmônicos do que, proporcionalmente, dos subsequentes. Da mesma maneira, na corda Ré, nota-se, também, uma faixa de maior preservação da intensidade dos harmônicos em torno do

¹² As cordas do violino são contadas da mais fina para a mais grossa: 1ª Mi, 2ª Lá, 3ª Ré e 4ª Sol.

16º ao 20º aproximadamente (fig. 13). A mesma tendência é perceptível na corda Mi (fig. 11). Tal característica espectral pode estar relacionada a certa “nasalidade” observada nos registros sonoros onde se utilizou esta surdina.

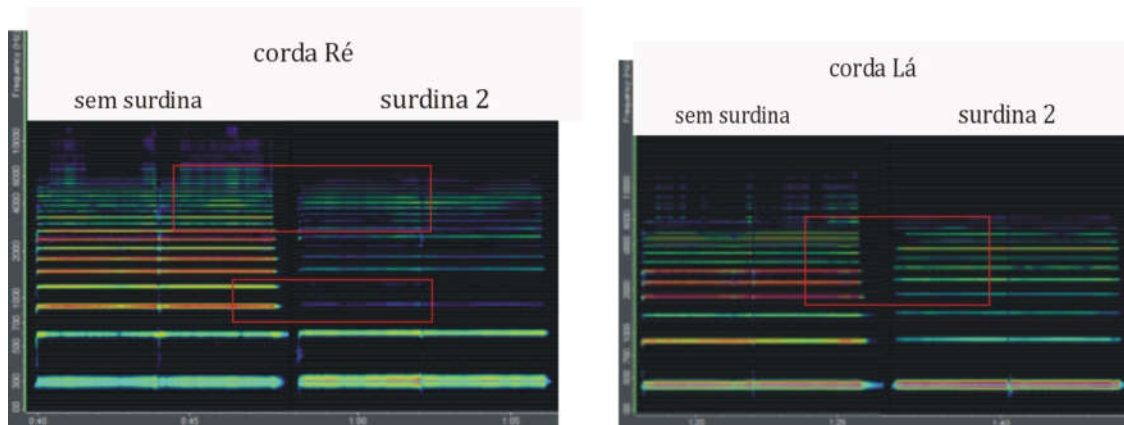


Figura 13 - Cordas Ré e Lá sem surdina e com a utilização da Surdina 2

Chama a atenção ainda, em destaque no espectrograma da corda Ré (fig. 13), a quase total supressão do 3º e, principalmente, do 4º harmônicos, ao lado de algum reforço na fundamental e no 2º harmônico.

Já a surdina 3 teve como efeito mais distinto um maior reforço das fundamentais. Com exceção da corda Sol (fig. 8), todas as demais amostras registraram esse efeito, sobretudo na corda Ré (fig. 14), onde há, também, significativo reforço do segundo harmônico.

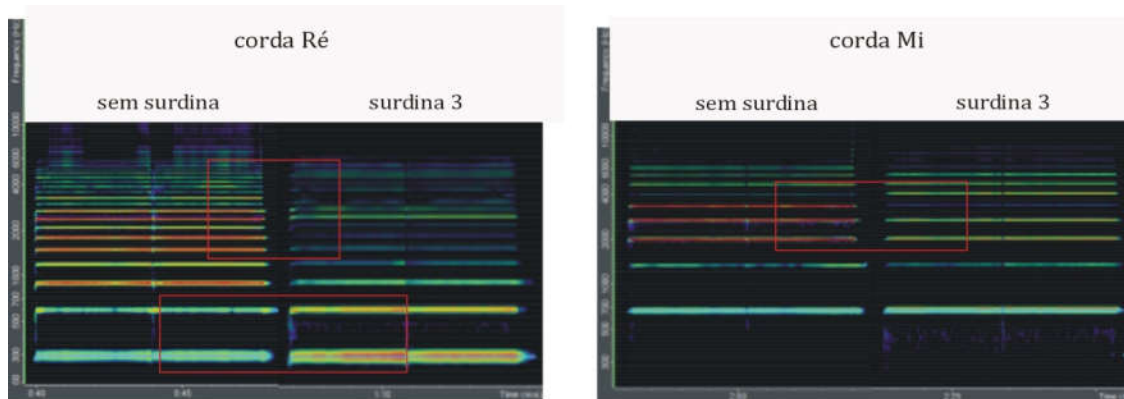


Figura 14 - Cordas Ré e Mi sem surdina e com a utilização da Surdina 3

Comparada à surdina 2, mais próxima ao seu efeito do que a primeira, nota-se, além do diferencial de reforço da fundamental e do segundo harmônico, à parte significativa redução de intensidade de todo o espectro, uma maior uniformidade, com



áreas específicas de corte menos definidas do que as geradas pela surdina 2, como destacado na corda Ré (fig. 14) onde há uma preservação discreta apenas do 9º ao 11º harmônicos. Em destaque na corda Mi (fig. 14), observa-se a mesma tendência, onde, com exceção do quinto harmônico, quase anulado, o resto do espectro é bastante uniforme. Esse padrão pode estar relacionado à menor “nasalidade” do som registrado com ela, apesar de grande perda de intensidade.

Considerações finais:

Abaixo, segue, corda por corda, um comparativo dos principais efeitos de cada surdina nos espectrogramas:

Tabela 1 - Comparativo dos efeitos das 3 surdinas na corda Sol

surdinas	reforço da fundamental	diminuição da intensidade dos harmônicos superiores	reforço da intensidade de harmônicos	redução geral da intensidade
1	ausente	discreta e regular	3º, 4º e 7º	pequena
2	ausente	grande, com área de corte maior no centro do espectro	3º	grande, sonoridade “nasalada”
3	ausente	grande e regular	ausente	grande

Tabela 2 - Comparativo dos efeitos das 3 surdinas na corda Ré

surdinas	reforço da fundamental	diminuição da intensidade dos harmônicos superiores	reforço da intensidade de harmônicos	redução geral da intensidade
1	presente	discreta e regular	2º (leve)	pequena
2	presente	grande, com área de corte maior no centro do espectro	2º (leve)	grande, sonoridade “nasalada”
3	grande	grande e regular	2º (forte)	grande



Tabela 3 - Comparativo dos efeitos das 3 surdinas na corda Lá

surdinas	reforço da fundamental	diminuição da intensidade dos harmônicos superiores	reforço da intensidade de harmônicos	redução geral da intensidade
1	presente	significativa e regular	3º (leve)	significativa
2	presente	grande	8º	grande, sonoridade “nasalada”
3	presente	grande	ausente	grande

Tabela 4 - Comparativo dos efeitos das 3 surdinas na corda Mi

surdinas	reforço da fundamental	diminuição da intensidade dos harmônicos superiores	reforço da intensidade de harmônicos	redução geral da intensidade
1	presente	significativa e regular	2º	significativa
2	presente	grande	2º	grande
3	presente	Grande, sobretudo 3º, 4º e 5º	6º	grande

Para esse estudo piloto a utilização de apenas um captador foi considerada satisfatória, embora, para um futuro desenvolvimento da pesquisa, considere-se examinar com mais profundidade essa questão, pois, não se pode deixar de considerar, também, o efeito da ambiência como um dos componentes na resultante final do som do violino como o percebemos e sua relação direta com as diferentes técnicas de captação sonora possíveis.

Tendo em vista o funcionamento anteriormente descrito do cavalete, pode-se concluir que as surdinas alteram as características originais de funcionamento do mesmo, reforçando, em princípio, seu aspecto de filtro “passa-baixas”, gerando, porém, outros padrões de corte de frequências. Tal efeito é obtido pela alteração da vibração do cavalete provocada pelo contato físico dos dispositivos com o mesmo. Ficou claro, diante da grande variedade nas alterações produzidas pelas diferentes surdinas nos espectrogramas, que o tamanho, o formato, a área de contato com o cavalete e o material de que são feitas as surdinas influenciam, de maneira decisiva, na natureza e na intensidade do efeito produzido pelas mesmas. É importante observar, porém, que tais diferenças na alteração do timbre estão relacionadas a um conjunto de variáveis que não foram analisadas isoladamente no presente estudo. Portanto, não se pôde determinar qual o papel específico de cada uma dessas variáveis no efeito geral observado, ou, mesmo, se, e de que forma, cada uma delas, separadamente, alteraria o timbre do instrumento.



Como aplicação direta do desenvolvimento desta pesquisa, ao se buscar esclarecer de que maneira as características físicas acima citadas influenciam no efeito produzido na sonoridade do instrumento pelas surdinas, pode-se esperar um maior controle na produção das mesmas. A possibilidade de determinar, de antemão, o tipo de resultado sonoro que será obtido por uma surdina, de determinadas características físicas, depende de se estabelecer a relação entre o corte na intensidade das parciais harmônicas e as características de construção das mesmas. Tanto em relação ao timbre quanto em relação à diminuição da intensidade geral do som do violino. Nesse sentido, a pesquisa acena com a perspectiva de uma produção de muito maior eficiência em suas várias destinações (surdinas para diferentes tipos de performance/surdinas de estudo).

Além disso, a melhor compreensão das mudanças provocadas pela surdina no funcionamento do cavalete, abre novas possibilidades de entendimento da influência deste na resultante final do timbre do violino, dando continuidade à compreensão do funcionamento físico-acústico do instrumento.

Outro campo onde essa pesquisa pode ser de relevância é o da busca por uma maior objetivação da linguagem na descrição do timbre. É notória a grande dificuldade enfrentada na didática dos diversos instrumentos e em outros contextos musicais, ao se fazer necessário adjetivar ou caracterizar determinada sonoridade. Geralmente, se recorre a terminologias referentes à qualidade sonora carentes de objetividade. Ao ouvirmos definições como “som escuro, claro, brilhante, metálico, fosco, opaco” que, fora de um contexto local e subjetivo, não possuem um significado objetivo, percebe-se a necessidade de investimento nessa área (GARCIA, 2005). O relacionamento da percepção da sonoridade e, sobretudo a alteração da mesma, como ocorre, por exemplo, com o estudo comparativo do efeito das surdinas, com as respectivas descrições e alterações na intensidade das componentes espectrais pode levar ao desenvolvimento de uma terminologia amparada em dados acústicos quantitativos que a torne menos dependente de definições subjetivas de contexto restrito.



Referências:

DONOSO, José Pedro et al. A física do violino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 2305, 2008.

FLETCHER, Neville H.; ROSSING, Thomas. **The physics of musical instruments**. Springer Science & Business Media, 2012.

GARCIA, Maurício Freire. O uso da análise espectral no ensino do instrumento. In: **Proceedings of the 2. II Seminário de Música, Ciência e Tecnologia**. 2005.

GOUGH, Cohn. Science and the Stradivarius. **Physics World**, v. 13, n. 4, p. 27, 2000.

LOUREIRO, Maurício Alves; PAULA, Hugo Bastos de. Timbre de um instrumento musical: caracterização e representação. **Per Musi-Revista Acadêmica de Música**, p. 57-81, 2006.