



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO ARTES - IARTE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM MÚSICA

**A ANÁLISE TIMBÍSTICA DE QUATRO VIOLÕES ATRAVÉS DO SOFTWARE
SONIC VISUALISER.**

Uberlândia
2018

GUSTAVO HENRIQUE DE ALMEIDA

**A ANÁLISE TIMBRÍSTICA DE QUATRO VIOLÕES ATRAVÉS DO SOFTWARE
SONIC VISUALISER.**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado em cumprimento da
avaliação da disciplina Pesquisa em
Música 3, Curso de Graduação em
Música – Licenciatura, sob a
orientação do Prof. Dr. André
Campos Machado.

Uberlândia
2018



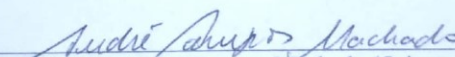
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ARTES - CURSO DE MÚSICA
Campus Santa Mônica - BLOCO IV - Fone: 3239-4214

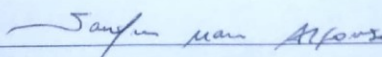
Ata de defesa de Monografia (TCC)

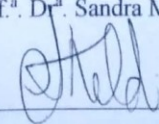
Em cumprimento da avaliação do componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso, no dia 20/12/2018, o (a) aluno (a): **GUSTAVO HENRIQUE DE ALMEIDA**, matrícula nº 11321MUS007, diante da banca examinadora formada pelos professores André Campos Machado [orientador], Sandra Mara Alfonso e Cesar Adriano Traldi, defendeu seu trabalho de conclusão de curso intitulado A ANÁLISE TIMBRÍSTICA DE QUATRO VIOLÕES ATRAVÉS DO SOFTWARE SONIC VISUALISER. Em sessão pública com cerca de 100 minutos de duração, o (a) aluno (a) expôs seu trabalho que, após a arguição da banca examinadora, foi considerado APROVADO com nota final 100.

Uberlândia, 20 de dezembro de 2018.

BANCA:


Prof. Dr. André Campos Machado (Orientador)


Prof.ª. Dr.ª. Sandra Mara Alfonso


Prof. Dr. Cesar Adriano Traldi

Agradecimentos

A Deus por me dar a oportunidade de concluir mais esta importante etapa em minha vida;

Ao Prof. Dr. André Campos Machado, por me orientar desde o início da pesquisa, pelo empréstimo do seu Violão Teodoro Perez, pela paciência neste trajeto e principalmente pela amizade.

Ao Prof. Dr. Carlos Menezes Junior, por me dar as primeiras orientações quanto ao uso do Software Sonic Visualiser;

A Prof.^a Dr. Sandra Mara Alfonso, por prontamente se dispor a emprestar seu Violão Sérgio Abreu que foi de grande valia para a pesquisa;

Ao Luthier Fábio Zuno, pela análise realizada dos materiais e tipos de construção nos violões, o que não seria fácil sem sua grande ajuda;

Ao amigo Cássio Ribeiro Silva, pelo apoio técnico na gravação das amostras, e pela paciência em relação a quantidade de repetições necessárias;

Aos meus pais Marcos Eurico Lino de Almeida e Maria D'Arc de Almeida, pelo apoio incondicional, em todo este percurso;

RESUMO

A monografia apresenta uma análise computacional das relações timbrísticas de quatro violões distintos, dois deles com tampo em abeto, sendo um violão fabricado pelo Luthier Sérgio Abreu e um em série pela Rozini. Dois violões com tampo em Cedro, sendo um deles construído pelo Luthier espanhol Teodoro Perez e outro pelo Luthier uberlandense Fábio Zuno. A fim de entender quais as diferenças existentes no timbre dos instrumentos selecionados, foram realizadas análise técnica das frequências existentes dentro das amostras coletadas, por meio de espectrogramas disponíveis como *plug-ins* através do software de análise musical Sonic Visualiser. O timbre do violão possui uma natureza sonora multidimensional causando dificuldade em manter os aspectos investigados dentro dos parâmetros de controle científico estabelecidos. A ênfase no timbre do violão como base para a análise, permitiu estudos comparativos entre os quatro violões selecionados, contribuindo assim para a compreensão de quais são realmente as diferenças existentes em cada um deles que são teoricamente audíveis, mas ainda não explicadas. Os resultados acrescidos da análise comparativa das gravações no computador forneceram dados qualitativos e quantitativos acerca da série harmônica presente nas notas das cordas soltas dos instrumentos, desvelando assim quais são os harmônicos que diferem em relação as amostras. Os resultados se mostram satisfatórios pois, ao apontar similaridades e diferenças nas amostras, permitiram compreender como as interferências externas e intrínsecas a cada instrumento influenciam em seu resultado sonoro final, trazendo assim uma resposta mais precisa e menos lúdica ao tratar de assuntos intrínsecos ao timbre dos instrumentos de corda dedilhadas.

Palavras-chave: Análise computacional, Timbre, *Sonic Visualiser*, Lutheria.

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	Revisão de literatura	15
2.1	Referências de Luthiers e construção de violões	15
2.2	Lutheria	17
2.2.1	O Tampo	17
2.2.2	Leque harmônico	17
2.2.3	Violões e Luthiers selecionados	18
2.3	Acústica	19
2.4	O Intérprete	21
3.	Configuração de gravação das amostras de áudio	25
3.1	Tipos de microfone	25
3.1.1	Microfone escolhido para pesquisa	25
3.1.2	Diretividade e diagrama polar dos microfones	26
3.2	Microfonação	27
3.2.1	Tipos de microfonação	28
3.2.2	Microfonação escolhida para pesquisa	28
3.3	Ambiente	30
4.	Análise computacional	32
4.1	Software Sonic Visualiser	32
4.2	A Transformada de Fourier (FT)	32
5.	Análise dos Áudios	34
5.1	Sexta corda: nota E2 com sonoridade natural	35
5.1.1	Violão Rozini	35
5.1.2	Violão Fabio Zuno	36
5.1.3	Violão Sérgio Abreu	38
5.1.4	Violão Teodoro Perez	39
5.2	Quinta corda: nota A2 com sonoridade natural	40
5.2.1	Violão Rozini	41
5.2.2	Violão Fábio Zuno	42
5.2.3	Violão Sérgio Abreu	43
5.2.4	Violão Teodoro Perez	45
5.3	Quarta corda: nota D3 com sonoridade natural	46
5.3.1	Violão Rozini	46
5.3.2	Violão Fábio Zuno	47
5.3.3	Violão Sérgio Abreu	49
5.3.4	Violão Teodoro Perez	50
5.4	Terceira corda: nota G3 com sonoridade natural	51
5.4.1	Violão Rozini	51
5.4.2	Violão Fábio Zuno	52
5.4.3	Violão Sérgio Abreu	54
5.4.4	Violão Teodoro Perez	55
5.5	Segunda corda: nota B3 com sonoridade natural	56
5.5.1	Violão Rozini	56
5.5.2	Violão Fábio Zuno	58
5.5.3	Violão Sérgio Abreu	59
5.5.4	Violão Teodoro Perez	60
5.6	Primeira corda: nota E4 com sonoridade natural	61
5.6.1	Violão Rozini	62
5.6.2	Violão Fabio Zuno	63
5.6.3	Violão Sérgio Abreu	64

5.6.4	Violão Teodoro Perez	65
6.	Análises Comparativas	67
6.1.1	Análise comparativa da nota E2	68
6.1.2	Análise comparativa da nota A2	70
6.1.3	Análise comparativa da nota D3	72
6.1.4	Análise comparativa da nota G3	73
6.1.5	Análise comparativa da nota B3	76
6.1.6	Análise comparativa da nota E4	78
7.	CONSIDERAÇÕES	80
8.	REFERÊNCIAS	83
8.1	REFERENCIAS DE IMAGENS	84

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Medidas do violão Torres – La Suprema	16
Figura 2 – Modelos de leque harmônico Torres.....	18
Figura 3 – Modelo de leque harmônico Ramirez	18
Figura 4– Modelo de leque harmônico Hauser	18
Figura 5 – Modelo de leque harmônico Kasha.....	18
Figura 6 – Fundamental e primeiro harmônico	21
Figura 7 – Série Harmônica de Dó	21
Figura 8 – Formas de Unha	23
Figura 9 – Posição da MD considerada na pesquisa como sonoridade natural	24
Figura 10 – Microfone B2 Pro.....	26
Figura 11– Diagrama polar do Microfone Cardioide	27
Figura 12 – Diagrama Polar do microfone bidirecional/Figura 8	27
Figura 13 – Microfonação X/Y	28
Figura 14 – Captação M/S.....	28
Figura 15 – Microfonação 12º casa	30
Figura 16 - Envelope sonoro	34
Figura 17 - Cifras e número da oitava	34
Figura 18 – Série harmônica da nota E2.....	35
Figura 19 - Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota E2.....	35
Figura 22 – Série Harmônica da nota E2 do violão Rozini em sequência de intensidades	36
Figura 23 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota E2	37
Figura 26 – Série harmônica Fábio Zuno E2 em sequência de intensidades	38
Figura 27 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota E2	38
Figura 30 – Série harmônica da nota E2, violão S. Abreu em sequência de intensidades	39
Figura 31 – Gráfico de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota E2	39
Figura 34– Série harmônica da nota E2, T. Perez em sequência de intensidades	40
Figura 35 – Série harmônica da nota A2	41
Figura 36 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota A2.....	41
Figura 39 – Série harmônica da nota A2, violão Rozini em sequência de intensidades	42
Figura 40 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota A2.....	42
Figura 43 – Série harmônica da nota A2 no violão F. Zuno, em sequência de intensidade	43
Figura 44 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota A2	44
Figura 47 – Série harmônica da nota A2, violão S. Abreu em sequência de intensidades.....	44
Figura 48 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota A2	45
Figura 51 – Série harmônica da nota A2, violão S. abreu em sequência de intensidades	46
Figura 52 – Série harmônica da nota D3	46
Figura 37 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota D3.....	47
Figura 38 – Série Harmônica D3 Rozini em sequência de intensidades	47
Figura 39 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota D3.....	48
Figura 40 - Série harmônica da nota D3, violão F. Zuno em sequência de intensidades	48
Figura 41 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota D 3	49
Figura 43 – Série harmônica da nota D3, violão S. Abreu em sequência de intensidades.....	50
Figura 65 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota D3	50
Figura 68 – Série harmônica da nota D3, violão T. Perez em sequência de intensidades.....	51
Figura 69 – Série harmônica da nota G3	51
Figura 70 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota G3.....	52
Figura 73 – Série harmônica da nota G3 – Violão Rozini em sequência de intensidades	52
Figura 74 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota G3.....	53
Figura 77 - Série harmônica da nota G3 - violão F. Zuno em sequência de intensidades.....	54
Figura 78 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota G3	54

Figura 81 – Série harmônica da nota G3, violão S. Abreu em sequência de intensidades.....	55
Figura 82 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota A2	55
Figura 85– Série harmônica da nota G3, violão T. Perez em sequência de intensidades.....	56
Figura 86 – Série harmônica B3	56
Figura 87 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota B3	57
Figura 90 – Série harmônica da nota B3, violão Rozini em sequência de intensidades	57
Figura 91 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota B3	58
Figura 94 – Série harmônica B3 Violão F. Zuno em sequência de intensidades	59
Figura 95 - Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota B3	59
Figura 98 – Série harmônica B3 Violão S. Abreu em sequência de intensidades.....	60
Figura 99 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota B3	60
Figura 102 – Série harmônica B3 Violão T. Perez em sequência de intensidades	61
Figura 103 Série harmônica E4	61
Figura 104 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota E4.....	62
Figura 107 – Série harmônica E4 violão Rozini em sequência de intensidades	62
Figura 108 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota E4	63
Figura 111 – Série harmônica B3 Violão F. Zuno em sequência de intensidades	64
Figura 112 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota E4	64
Figura 115 – Série harmônica B3 Violão S. Abreu em sequência de intensidades.....	65
Figura 116 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota E4	65
Figura 119 – Série harmônica B3 Violão T. Perez em sequência de intensidades	66

Lista de Quadros

Quadro 1- Composição e estrutura dos violões	18
Quadro 2 – Harmônicos presentes nas amostras da nota E2	68
Quadro 3 – Harmônicos presentes nas amostras da nota E2 em sequência de intensidades	68
Quadro 4 – Harmônicos presentes na amostra A2	70
Quadro 5 – Harmônicos presentes nas amostras da nota A2 em sequência de intensidades ...	70
Quadro 6 – Harmônicos presentes na amostra da nota D3	72
Quadro 7 – Harmônicos presentes nas amostras da nota D3 em sequência de intensidades ...	72
Quadro 8 – Harmônicos presentes nas amostras de G3	73
Quadro 9 – Harmônicos presentes nas amostras da nota G3 em sequência de intensidades ...	74
Quadro 10 – Harmônicos presentes nas amostras de B3	76
Quadro 11– Harmônicos presentes nas amostras da nota B3 em sequência de intensidades...	76
Quadro 12 – Harmônicos presentes nas amostras da nota E2	78
Quadro 13 – Harmônicos presentes nas amostras da nota E2 em sequência de intensidades ..	78

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Leitura dos dados.....	67
Gráfico 2 – <i>Attack</i> dos harmônicos da Nota E2.....	69
Gráfico 3 – <i>Decay</i> dos Harmônicos da nota E2.....	69
Gráfico 4 – Intensidade dos harmônicos da nota A2 em decibéis.....	71
Gráfico 5 - <i>Decay</i> dos Harmônicos da nota A2.....	71
Gráfico 6 – Intensidade dos harmônicos da nota D3 em decibéis.....	72
Gráfico 7 - <i>Decay</i> dos Harmônicos da nota D3.....	73
Gráfico 8 - Intensidade dos harmônicos da nota G3 em decibéis	75
Gráfico 9 – <i>Decay</i> dos Harmônicos da nota G3	75
Gráfico 10 - Intensidade dos harmônicos da nota B3 em decibéis.....	77
Gráfico 11 - <i>Decay</i> dos Harmônicos da nota B3	77
Gráfico 12 – Intensidade dos harmônicos da nota E4 em decibéis	79
Gráfico 13 - <i>Decay</i> dos Harmônicos da nota E4	79

1. INTRODUÇÃO

A relação entre timbre¹, instrumento e intérprete desperta grande interesse de performers, *luthiers* e estudiosos, mesmo depois de mais de um século, o timbre continua sendo uma incógnita musical, isto se dá por vários fatores e em relação a esta afirmação HADJA et al. diz que,

(1). Em comparação com outros atributos perceptivos – especialmente altura e volume – o timbre tem recebido pouca atenção na literatura experimental; (2) por causa de sua natureza multidimensional, se torna de difícil manipulação dentro do modo de controle científico; e (3) não existe uma única definição operacional ou constitutiva largamente aceita pela qual pesquisadores possam construir métodos empíricos e modelos. (HAJDA et al., 1997 p.253 *apud* NAVEDA, 2002 p.73)

Essas questões também se aplicam ao violão que apesar deste ser um dos instrumentos mais populares do mundo, o mesmo necessita de uma grande asserção como instrumento capaz de lidar com as questões estéticas da execução musical “erudita”, tanto em relação ao volume quanto ao timbre, Gerken (2001 *apud* Naveda, 2002 p. 11) diz que “o mundo do violão clássico foi esquecido pelos melhores compositores do século XIX e começo do século XX, somente porque o violão não teve volume o bastante para ser um instrumento de orquestra”, mas este fato fica menos perceptível quando passamos a falar do violão moderno e das possibilidades de amplificação existentes.

Ainda nos dias atuais, usamos conceitos lúdicos para definir os aspectos intrínsecos ao timbre. Loureiro (2000, p 1) afirma que “o conceito de timbre se refere a ‘cor’ ou a ‘qualidade’ do som e está normalmente dissociado dos conceitos de intensidade e altura”, no violão esta questão ainda é mais evidente, pois quase não se encontra na literatura material relacionado diretamente ao timbre do mesmo, podemos relacionar pesquisas de outros instrumentos como Risset (1965 *apud* Loureiro 2000), que analisou sons de trompete obtendo curvas individuais de evolução temporal das amplitudes e frequências para cada harmônico.

Esta defasagem ainda é maior quando colocamos o fator idioma em questão. Em português são poucos os trabalhos que tratam do timbre de instrumentos musicais. Temos como exemplos as pesquisas de Loureiro (2000), que analisou a variação do timbre da clarineta através de softwares de análise musical. Temos também Naveda (2002), que nos traz uma abordagem acústica e psicoacústica do timbre do violão em relação ao volume do mesmo.

¹ Característica marcante da sonoridade de um instrumento, determinada pela presença e intensidade de harmônicos (composição harmônica). RATTON, Miguel. **Dicionário de Áudio e Tecnologia Musical**. Rio de Janeiro: Áudio Musica e Tecnologia, 2004. 155 p.

Rodrigues (2011) que analisou o vibrato no violão através do *software* de análise livre Praat². Pereira *et al.* (2015) utilizou a análise espectral para explicar o timbre da flauta transversal.

Nota-se que praticamente todo o trabalho destes pesquisadores é realizado em instrumentos de sopro ou em aspectos não relacionados ao timbre do violão, como técnicas aplicadas ao instrumento ou a projeção. Rodrigues (2011, p. 67) afirma que “tais pesquisas se concentram, em sua maioria em instrumentos de orquestra como o violino ou o piano, muitas vezes deixando de lado instrumentos de som impulsivo, como, por exemplo, o violão”, ressaltando assim a importância da realização desta pesquisa no âmbito das cordas dedilhadas, mais especificamente o violão. Neste instrumento há uma grande dificuldade quando partimos para o campo da musicologia empírica, pois são vários os fatores que podem influenciar no timbre do violão, como, por exemplo, o tampo, as cordas, o intérprete, além de vários outros aspectos que interferem no resultado sonoro final.

Considerando o timbre do violão como objeto dessa pesquisa, pretende-se colocar em pauta quais diferenças há no timbre de violões distintos, e como elementos externos, por exemplo, as cordas e o intérprete podem influenciar no resultado sonoro final.

Levando em conta as afirmações anteriores e o objeto de pesquisa em questão levanto o seguinte questionamento, “Quais as principais características timbrísticas de violões com tampos de madeiras diferentes?”, e consideramos que a análise espectral junto com a comparação de amostras de um intérpretes com intenções de dinâmica e ângulos de ataque pré-determinados, amplia a obtenção de dados que enriqueçam e colaborem com o resultado final da pesquisa. Desta forma para direcionar a análise temos como objetivo geral, identificar que diferenças há no timbre de três violões com tampos e madeiras distintos.

Para tanto, o violão é o instrumento selecionado, e a análise espectral se torna uma ferramenta muito importante para a análise dos dados fornecidos pelo software. O que nos leva ao software *Sonic Visualiser*, criado pelo *Center for the History and Analysis of Recorded Music (CHARM)*, o qual se mostrou bastante eficiente pois permite uma série de visualizações do espectro sonoro em várias dimensões e com diferentes formas de cálculos e Teoremas.

A fim de se atingir este objetivo, validando os dados às afirmações aqui expostas, outros objetivos nortearam a pesquisa, tais como: especificar as diferenças de construção dos violões selecionados para a pesquisa; Enumerar as diferenças do timbre encontradas nos quatro violões; Desvelar de que forma o Intérprete pode contribuir na construção do timbre do instrumento, considerando a localização do ataque nas cordas, a projeção do instrumento e do executante, a

² Software de análise e síntese da fala desenvolvido pelos linguistas Paul Boersma e David Weenink, do Institute of Phonetic Sciences, da Universidade de Amsterdã. Wikipedia, a enciclopédia livre. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Praat>>, Acesso 05 de jul de 2017.

postura do intérprete e também a maneira com a qual ele utiliza as unhas para tocar as cordas; Entender como as diferenças do timbre influenciam no som dos violões. Essas diferenças serão esclarecidas através da análise espectral, ou seja, tecnicamente o que acontece com o som e não apenas apoiar-se no referencial auditivo.

Para uniformizar as amostras de áudio, foram definidos os seguintes parâmetros: todos os violões utilizados possuem o mesmo modelo de encordoamento; o intérprete utilizou o mesmo tipo de ataque da mão direita para produção das amostras sonoras; a captação do áudio foi realizada com o mesmo microfone posicionado uniformemente para todos os violões.

Na revisão de literatura foi realizado um breve panorama da história do violão e da *Lutheria*, com enfoque nos luthiers e tipos de construções relevantes para o instrumento que temos atualmente. Foram descritos conceitos importantes de acústica intrínsecos ao violão e indissociáveis da pesquisa, ressaltando a importância do intérprete na construção do som do instrumento. O capítulo de configuração da gravação, consiste no processo de captação e gravação de áudios para análise posterior em um software de computador, desta forma dividiremos os tópicos seguintes de modo que fique claro o ambiente selecionado e os tipos de microfone e de microfonações que serão utilizados na pesquisa. No capítulo análise computacional abordou-se os parâmetros gerais do software que foi utilizado na pesquisa, a versão, o fabricante e também quais os parâmetros que a ferramenta selecionada utiliza para fragmentar o áudio e obter os dados para análise. Na análise dos áudios o capítulo se desenvolveu com a análise individual das amostras trazendo assim dados essenciais para serem posteriormente comparados. No capítulo Análises comparativas, os dados coletados foram comparados para que pudesse ser exposto de forma visual quais as diferenças existentes nas amostras. Por fim a conclusão se deu com os resultados obtidos trazendo respostas positivas ou não em relação ao tema e objetivos que foram propostos no início da pesquisa.

2. Revisão de literatura

Essa revisão está organizada de forma a dar destaque a conceitos de acústica e *Lutheria*, quanto de performance violonística, como por exemplo, a postura do intérprete, formato de unha, função e modelos de leque do tampo do violão, dentre outros, a fim de embasar, e contribuir com a compreensão de características musicais relacionadas ao timbre do violão.

2.1 Referencias de Luthiers e construção de violões

O violão como conhecemos hoje teve seus primórdios no continente europeu, sendo mais específico na Espanha, posteriormente foi levado para outros países e continentes. Inicialmente o violão se tornou popular de maneira muito rápida, pois se comparado aos seus predecessores era mais fácil de afiná-lo e era tocado basicamente com a técnica do rasgueado³, tornando-se assim um acompanhante perfeito para melodias cantadas. De certa forma esta popularidade que o mesmo adquiriu e a facilidade em ser tocado serviu inicialmente para depreciar este até então novo instrumento, passando a ser marginalizado e considerado um instrumento inferior, Evans e Evans comparando a Vihuela com o violão afirma que:

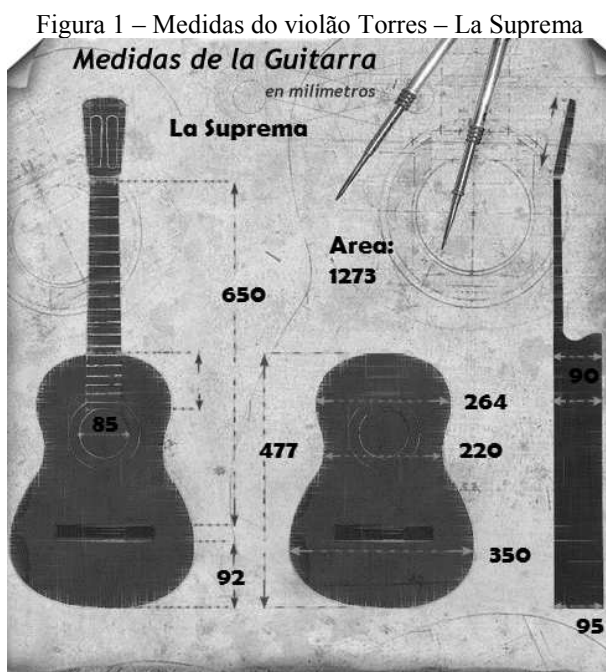
Este instrumento tem sido altamente respeitado até agora, e tem atraído os mais excelentes músicos, mas desde que as guitarras⁴ foram inventadas, aqueles que se devotam a estudar a vihuela são menores em número. Tem sido uma grande perda, já que todo tipo de música para instrumentos de cordas pinçadas poderia ser tocadas nelas: mas agora a guitarra não é nada mais do que um sino de vaca, muito fácil de tocar, especialmente o rasgueado, que não há um rapaz que não seja um músico na guitarra. (EVANS E EVANS 1977, p.136 *apud* NAVEDA, 2002 p. 21)

Mas apesar disto o violão foi e atualmente ainda é um importante instrumento na vida musical de várias classes da sociedade, com isso foram escritos vários livros de música direcionados para o instrumento. Naveda (2002 p.22) diz que foi através de Francesco Corbetta em 1681 que “[...] a guitarra se estabelece como um instrumento respeitável, originando posições regulares de músicos e professores de guitarra nas cortes da Europa”.

³ O rasgueado é um modo de tocar as cordas do violão muito comum na música flamenca, e mesmo na música popular em geral. Consiste em percutir várias cordas ao mesmo tempo com a ponta dos dedos da mão em movimentos para baixo e para cima. (NAVEDA, 2002 p.19)

⁴ Segundo Vasconcelos o violão é um instrumento nacional da Espanha e de lá foi exportado para os demais países civilizados. Talvez pelo fato de termos em nosso folclore um instrumento semelhante à guitarra espanhola, a viola, que hoje chamamos de *viola caipira*, ou viola de cordas de arame, tenha recebido o novo instrumento, aqui, um nome que é o aumentativo do nome do nosso instrumento tradicional. Fato este naturalmente explicado por ser sempre maior que o nosso instrumento forasteiro. (VASCONCELOS, 2014, p.165).

Outra dificuldade enfrentada pelo violão em seus primórdios foi a falta de projeção, limitação esta imposta pelas técnicas de construção e materiais utilizados na época. Apesar de ser marginalizado, várias tentativas de melhorias foram realizadas. Foi através de Antonio Jurado Torres, nascido em 1817 na cidade de Almeria, na costa sudeste da Espanha, que temos o modelo atual do violão clássico. Ele propôs alterações inovadoras no design do violão, mudando praticamente todas as suas medidas, desta forma fazendo com que o violão tenha mais volume e mais riqueza em seu timbre. Iremos considerar como medida padrão do violão moderno o seu modelo La Suprema, código FE 19, construído em 1864 na cidade de Sevilla e catalogado por J. L. Romanillos.



Fonte: La Suprema. Autor: Fundación Fco. Godia Sales. Colección (2009)

Mas essas informações não são as únicas corretas, pois as medidas do violão variam dependendo de qual modelo e técnica de construção foram utilizadas. As intervenções do *luthier* na decisão destas medidas afetam diretamente a sonoridade e o timbre do instrumento.

Além de Torres temos também Hermann Houser que foi considerado um grande *luthier* alemão, que traz outra visão do violão, onde este possuía uma caixa acústica relativamente pequena se comparado a um violão Torres. Uma característica que deve ser ressaltada é que mesmo com um modelo de construção diferente o leque harmônico dos violões Houser é derivados de Torres, porém com algumas modificações em espessura e forma.

E junto com Torres e Houser podemos também citar os Ramirez que formam uma família de *luthiers*.

2.2 Lutheria

A palavra *luthier*, tem origem na língua francesa, derivada de *luth*, e era designada ao artesão responsável por fabricar e reparar alaúdes, mas hoje em dia este termo é utilizado para todo tipo de fabricante de instrumentos de cordas, e também outros como instrumentos de percussão, e de sopro como clarineta, trompete dentre outras.

Poucas modificações foram realizadas depois de Antonio Jurado Torres (1817-1892) sendo assim os próximos tópicos serão estruturados com intuito de descrever as partes do violão, o funcionamento e os modelos de construção das mesmas.

2.2.1 O Tampo

O tampo do violão, também chamado de tampo harmônico, é parte crucial para um som rico e dinâmico, mas vários outros fatores que serão posteriormente citados também influenciam no resultado sonoro final.

Um dos motivos que podemos citar em relação ao tampo do violão ser tão importante é que, ele amplifica e ajuda a radiar as vibrações que são produzidas pelas cordas, o movimento do tampo é mais complexo que o movimento das cordas, mas da mesma forma esse movimento pode ser analisado através de *modos de vibração*⁵, ao fazermos soar uma corda com baixa frequência ou emitir um som grave, grande parte da amplificação desta vibração é realizada pelo tampo do instrumento.

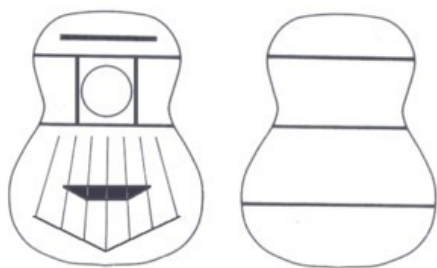
2.2.2 Leque harmônico

O leque harmônico tem basicamente duas funções, a primeira delas é dar resistência ao tampo, diminuindo assim a distorção física causada pelo tempo em função da tensão imposta pelas cordas, este aumento da resistência do tampo foi indispensável após a redução da espessura e o peso do tampo. A segunda função do mesmo é alterar as frequências vibratórias que o tampo possui naturalmente, influenciando assim diretamente a radiação do som.

Um dos leques harmônicos mais usuais nos dias de hoje é o modelo de Antonio de Torres, este diferente do alaúde e outros cordofones da época possui barras na direção longitudinal dos veios da madeira, resultando em um som mais rico por possuir um gama maior de harmônicos.

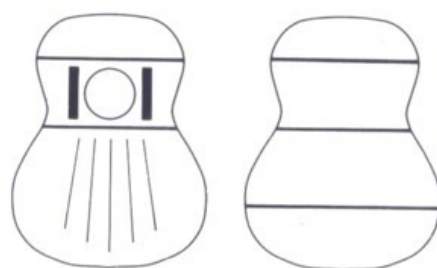
⁵ De acordo com Valle (2006) são variações de pressão sonora causadas pelas ondas estacionárias.

Figura 2 – Modelos de leque harmônico Torres



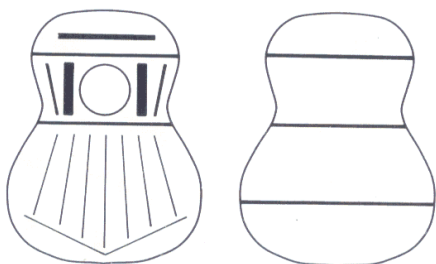
Fonte: Gomide 2006.

Figura 3 – Modelo de leque harmônico Ramirez



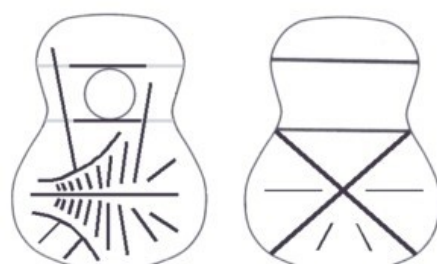
Fonte: Gomide 2006.

Figura 4– Modelo de leque harmônico Hauser



Fonte: Gomide 2006.

Figura 5 – Modelo de leque harmônico Kasha



Fonte: Gomide 2006.

2.2.3 Violões e Luthiers selecionados

Para a pesquisa foram selecionados quatro violões, sendo dois violões de luthiers e um violão fabricado em série, são eles: Violão Sérgio Abreu, sem modelo específico, ano de fabricação 1986; Violão Fábio Zuno, sem modelo específico, ano 2014; Violão Rozini, modelo Studio, ano 2015.

Quadro 1- Composição e estrutura dos violões

Luthier, Fabricante	Sergio Abreu	Fábio Zuno	Rozini Studio	Teodoro Perez
Ano da Fabricação	1986	2014	2015	2012
Cavelete	Jacarandá da Bahia	Jacarandá da Bahia	Pau Ferro	Jacarandá Indiano
Braço	Mogno	Mogno	Cedro	Cedro
Tampo	Abeto Alemão 2ª	Cedro 2A	Abeto Sitka	Cedro
Laterais	Jacarandá Indiano	Jacarandá da Indiano	Laminado de Jacarandá Baiano	Palo Santo de Madagascar
Fundo	Jacarandá Indiano	Jacarandá da Indiano	Laminado de Jacarandá Baiano	Palo Santo de Madagascar
Escala	Ébano	Ébano	Roxinho	Ébano
Rastilho e pestana	Osso	Osso	Osso	Osso

Comprimento da escala	650 mm	650 mm	650 mm	650 mm
Comprimento da Caixa	48,5cm	48 cm	48,5 cm	48,5 cm
Profundidade da Caixa	10cm	10 cm	10 cm	10 cm
Bojo maior	37,5cm	36,5 cm	37,5 cm	37,5 cm
Bojo menor	28cm	28 cm	28 cm	28 cm
Largura da Boca	85 mm	85 mm	85 mm	90 mm
Acabamento	Goma Laca	PU	PU	Goma Laca
Tensor	Não	Não	Não	Não
Cordas	Nylon	Nylon	Nylon	Nylon
Altura das cordas na 12ª casa	1ª 3mm 6ª 4mm	1ª 2,7 mm 6ª 3,5 mm	1ª 3,25mm 6ª 3,5 mm	1ª 3mm 6ª 4mm
Modelo de construção do leque	Hauser 1937	Ramirez 3º	Torres	Ramires
Modelo do instrumento	Sem modelo específico	Sem modelo específico	Studio	Maestro

Fonte: Elaboração do Autor.

Os dados dos violões construídos pelos luthiers apresentados no quadro acima foram coletados em uma análise realizada com o auxílio do luthier Fábio Zuno em sua oficina na cidade de Uberlândia em uma reunião presencial no dia 25 de abril de 2018, e os dados referentes ao violão Rozini Studio, fabricado em serie pela empresa, foram coletados em sua página oficial na internet⁶.

2.3 Acústica

A música e a física são assuntos que são literalmente intrínsecos, sendo assim a produção do som no violão não é um caso à parte. Vasconcelos (2014, p. 37) afirma que para que o som exista temos que considerar três fatores muito importantes, o primeiro sendo a “fonte sonora”, que no nosso caso se trata do violão, o segundo um “meio elástico” que vamos considerar este mesmo sendo o ar, e o terceiro um “aparelho receptor” para este temos os nossos ouvidos.

Ao tocarmos a corda do violão fazemos a mesma vibrar com uma quantidade de energia considerável, esta energia se propaga para o meio elástico que usaremos como dito anteriormente o ar, segundo Vasconcelos (2014, p. 37), “este processo se transmite no ar com uma velocidade de aproximadamente 340 metros em cada segundo” chegando até o nosso aparelho receptor, os ouvidos.

Ainda segundo o autor o som musical também é formado por propriedades essenciais sendo elas, “duração, altura (grave e agudo), intensidade e timbre”. A duração está relacionada ao

⁶ Disponível em: <rozinibrazil.com/>. Acesso em: 05 maio 2018.

tempo que o som é perceptível aos nossos ouvidos, a altura musical é intrínseca a frequência⁷ da onda, pois quanto maior a frequência da onda sonora mais agudo será o som, quanto menor a frequência da onda mais grave o som soará. A intensidade é um fenômeno interligado a amplitude⁸ da onda sonora, pois quanto maior a amplitude mais forte será o som, e quanto menor a amplitude acontece o inverso, mais fraco se ouvirá o som.

O último aspecto que trataremos aqui será o timbre, e esta propriedade sonora é a que vai ditar a pesquisa que está sendo desenvolvida. O timbre por sua vez é a identidade sonora da voz ou do instrumento, é o que nos permite diferenciar dois sons com Frequência e Amplitude de onda iguais. Para entendermos melhor Vasconcelos (2014, p.39 e 46) dividiu os sons em simples e complexos, onde os sons simples são caracterizados por possuírem apenas uma onda sonora e os sons complexos são aqueles que possuem uma grande combinação/soma de ondas sonoras.

Ainda segundo Vasconcelos (2014, p.39) “O fato de fazermos vibrar uma corda sob tensão faz que excitemos não só um som fundamental, mas como também muitos outros sons”, e assim comprovando está afirmação temos um teorema que leva o nome do matemático francês Jean-Baptiste Joseph Fourier que o demonstrou pela primeira vez. Vasconcelos (2014, p. 21) nos informa que o Teorema de Fourier “nos faria ver que uma onda qualquer é a combinação ou soma de um número muito grande de ondas mais simples”. Estes sons que vibram junto a uma fundamental são chamados Harmônicos⁹, a união e sequenciamento destes resulta na série harmônica e é através dela e do envelope sonoro que podemos identificar e diferenciar o timbre dos sons que ouvimos.

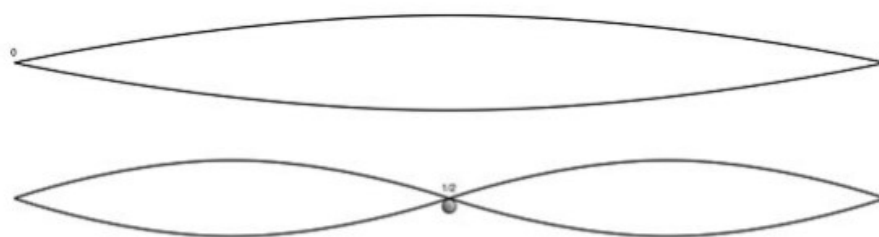
Se pensarmos na corda do violão, quando fazemos soar uma fundamental como por exemplo o A3 (440 Hz), a corda vibra por inteiro, o 1º harmônico será a metade da corda vibrando resultando em uma oitava a cima da fundamental o A4 (880 Hz), o 3º harmônico divide a corda do violão em 1/3 resultando em uma quinta E5 e assim por diante, pois a série harmônica é considerada infinita.

⁷ Frequência (f), é uma das características mais importantes do Áudio. Frequência é o número de ciclos que ocorrem a cada segundo de tempo. Portanto, ao se dizer que a frequência (f) é de 1000 ciclos por segundo, queremos dizer que a cada segundo, acontecem 1000 ciclos de onda. (VALLE, 2006, p.10)

⁸ A amplitude da onda pode ser definida como sendo a metade da distância entre a crista e um vale. (VASCONCELOS, 2014, p 21)

⁹ Os sons harmônicos são sons resultantes de um som fundamental.

Figura 6 – Fundamental e primeiro harmônico

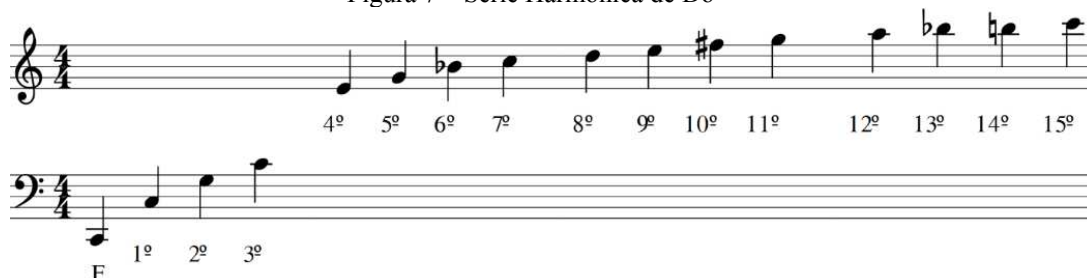


Fonte: Wikipédia

Para nossa pesquisa vamos nos ater somente nos dezesseis primeiros harmônicos pois depois destes é quase impossível de serem ouvidos e detectados pelas amostras de áudio utilizadas na pesquisa.

A série harmônica se divide de maneira que o 1º, 3º, 7º e 15º harmônicos são oitavas da fundamental, o 2º, 5º e 11º formam intervalos de quintas, o 6º e 13º produzem intervalos de sétima menor, o 8º, 10º e 12º formam respectivamente intervalos de nona, décima primeira sustenido e decima terceira, e por fim, o 14º harmônico forma um intervalo de sétima maior.

Figura 7 – Série Harmônica de Dó



Fonte: Elaboração do autor

2.4 O Intérprete

No violão todos os conceitos de acústica se aplicam da mesma forma, mas vários fatores podem interferir no resultado sonoro final, os tipos de corda, os modelos e os tipos de madeira usados na construção, a postura do instrumentista, as técnicas empregadas e até mesmo o formato das unhas do intérprete podem influenciar no timbre que é produzido. E sendo assim Pujol afirma que:

Um mesmo instrumento [...] não soa igual em mãos diferentes executantes. O violoncelo de Cassals, o violino de Kreisler [...] não produzem a mesma qualidade de som quando tocados por mãos diferentes. Logo existe uma categoria superior de qualidade sonora num mesmo instrumento que reside no procedimento particular de cada artista (PUJOL, 1960, p. 27).

A partir da informação de Pujol (1960), podemos dizer que o intérprete é uma parte indissociável na construção do timbre do instrumento e um aspecto que devemos destacar e que já é discutido há muito tempo no mundo Violonístico é o uso ou não das unhas para pinçar as cordas do instrumento.

Dois grandes nomes do violão erudito, Dionisio Aguado e Fernando Sor, tinham pontos de vista bem diferentes sobre este assunto. Sor (1997, p.22) dizia que “Nunca ouvi um guitarrista que tocasse de uma maneira suportável se o fazia com unhas; [...] nos fortes ouvia-se mais o ruído das unhas contra a corda do que o próprio som da corda”. Já Dionisio Aguado dizia que:

Prefiro tocar com unhas para tirar das cordas da guitarra um som que não se assemelhe a nenhum outro [...] embora não tenha a grandiosidade da Harpa nem do Piano, as mudanças oferecem nuances muito delicadas e seu som é suscetível a tais modificações e combinações (AGUADO, 1843, p. 7).

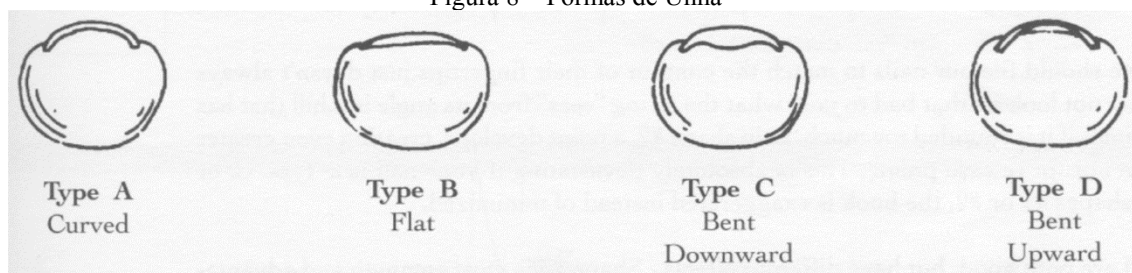
Nos tempos atuais se convencionou o uso das unhas e para o autor desta pesquisa a afirmação de Aguado (1843) é correta, pois parte-se do pressuposto que tocar com unhas acarreta em nuances de timbre diferentes relacionadas ao instrumento. Fatores como a forma, espessura e o comprimento da unha podem influenciar no resultado sonoro final. Segundo Scott Tennant

Se o comprimento da unha for muito longo, a velocidade e a facilidade com que a ponta do dedo e a unha passam pela corda são consideravelmente diminuídas[...]. Uma forma de unha ruim também pode criar resistência indesejada contra a corda e causar alguns sons muito interessantes, mas desagradáveis (TENNANT 2002, p. 30).¹⁰

Em seu método Pumping Nylon, Tennant traz ilustrações de algumas formas e comprimentos de unha que podem ser usados como modelo. Para ele o tamanho ideal da unha é aquele em que você consegue tocar uma superfície plana com o dedo e a unha ao mesmo tempo formando um ângulo de 90°. Se o ângulo for maior a unha estará grande e se o ângulo for menor a unha se encontra muito pequena. Tennant também divide as unhas pela forma, dividindo-as em quatro tipos: curvada, reta, enganchada para baixo e dobrada para cima, onde destaca que a forma curva é a ideal e as últimas três formas as mais comuns.

¹⁰ If a nail is too long, the speed and ease with which the fingertip and nail go through the string is considerably diminished. This is because the resistance has been increased. A bad nail shape can also create undesirable resistance against the string and cause some very interesting but unsavory sounds. (TENNANT, 2002, p.30)

Figura 8 – Formas de Unha



Fonte: Tennant (2002, p. 31)

Cabe ressaltar que para a pesquisa o que determinará a forma de unha usada para coleta de dados será a escolha do intérprete, este já estará habituado com a sua forma de unha usual, sendo inviável fazer alguma alteração na forma da mesma para não prejudicar a execução do trecho escolhido e do estudo cotidiano do violonista.

Outro ponto importante que devemos destacar relativo a interferência do intérprete em relação ao timbre é o ângulo de ataque da mão direita¹¹, podemos destacar aqui os dois tipos de apoios mais usuais e com maior destaque na literatura violonística, que são o ataque com apoio e o ataque sem apoio. Segundo Naveda,

No ataque Apoiado, a ponta do dedo ou as unhas empurram a corda em direção ao tampo e depois da liberação da corda descansam na próxima corda. No ataque tirando¹² [sem apoio], da mesma forma, o dedo empurra a corda, mas depois de liberá-la não descansa na próxima corda, permanecendo livre. (NAVEDA 2002, p.59)

O ataque sem apoio é o mais comum e utilizado sempre que tocamos as cordas do violão, e o ataque apoiado é geralmente adotado quando precisamos tocar alguma nota mais forte que o normal dando destaque a mesma. Fatores estilísticos também podem exigir mudanças no tipo de ataque, porém, não serão abordados nesta pesquisa.

Para a pesquisa foi selecionado o ataque da mão direita sem apoio com sonoridade natural e intensidade *mezzo forte*, pois este é o padrão de sonoridade normalmente utilizado por intérpretes.

¹¹ Mão direita quando em relação ao intérprete destro, considerar mão esquerda para intérprete canhoto.

¹² Do Italiano Puxando. Dicionário *Reverso Context* disponível em: <<http://context.reverso.net/traducao/italiano-portugues/Tirando>>. Acesso: 21 novembro 2017.

Figura 9 – Posição da MD considerada na pesquisa como sonoridade natural



Fonte: Elaboração do autor

3. Configuração de gravação das amostras de áudio

A metodologia desta pesquisa consiste na captação e gravação de áudios para análise posterior em um software de computador, desta forma dividiremos os tópicos seguintes de modo que fique claro os tipos de microfone e de microfonações que serão utilizados.

3.1 Tipos de microfone

Para a captação do áudio inicialmente pensamos em utilizar dois tipos de microfones, o primeiro seria o “Dinâmico”, e o segundo o microfone “A Condensador”.

Valle (2002) classifica o microfone “Dinâmico” como sendo de sensibilidade baixa ou média, também classificado popularmente como “duro”, desta maneira podemos dizer que este desconsidera os sons mais fracos e capta normalmente os sons mais fortes. Valle (2006) descreve em seu livro que uma das vantagens de um microfone dinâmico é que o mesmo “reduz vazamentos de sons de outros instrumentos ou de outras origens espúrias”, ajudando assim a reduzir a interferência externa no som do instrumento ou da voz que foi captada pelo microfone.

O microfone condensador, diferente do microfone dinâmico, funciona através de um processo de transdução eletromagnética. Valle (2002) o classifica como “macio”, ou seja, com uma sensibilidade bem maior se compararmos ao dinâmico e a outros microfones, que por serem menos usuais não farão parte desta revisão. Uma característica que Valle ainda é que relata deste tipo de microfone é que “a resposta de frequência é natural, plana e livre de irregularidades bruscas produzindo assim uma sonoridade bem natural”.

3.1.1 Microfone escolhido para pesquisa

Após testes realizados no Laboratório de Ensino e Pesquisa em Produção Sonora do Curso de Música da Universidade Federal de Uberlândia, optamos por utilizar apenas um tipo de microfone, o microfone a condensador. Concordamos que este capta o som do violão de forma mais fiel e natural facilitando assim a coleta e análise dos áudios.

O microfone a condensador escolhido foi o Behringer B2 Pro, este possui três tipos de diretividade sendo elas omnidirecional, cardioide e bidirecional (explicadas no próximo tópico) que podem ser selecionadas através de uma chave. Este microfone também possui uma chave

de seleção, *Bypass*¹³ e *Hi-pass*¹⁴, possibilitando assim tipos diferentes de captação e manipulação do espectro sonoro, optamos por utilizar a opção cardioide com a seleção de filtro em *Bypass*, desta maneira ignoramos as influencias da sala usada para a coleta dos dados e a influencia do microfone em relação ao som.

Figura 10 – Microfone B2 Pro



Fonte: Behringer (2017).

3.1.2 Diretividade e diagrama polar dos microfones

A diretividade consiste basicamente no ângulo/direção no qual o microfone capta o som, e o diagrama polar é a representação gráfica da diretividade, segundo Valle (2006 p. 316-319) “A diretividade dos microfones se enquadra em algumas curvas bem conhecidas dos técnicos de gravação. São elas, omnidirecional, cardioide, subcardioide, hipercardioide, bidirecional ou figura 8”.

Para nossa pesquisa iremos nos ater em apenas dois destes diagramas, o cardioide e o bidirecional também conhecido como “figura 8”, ainda segundo Valle (2006 p. 317) os microfones com diretividade cardioide são os mais comuns e usados eles “favorecem claramente o som vindo do eixo frontal (0°), rejeitando completamente o som que vem por trás (180°). Atenua em 6dB o som que vem pelas laterais (90°) tendo, portanto, um ângulo de cobertura de 180°”.

O microfone com diagrama polar bidirecional/figura 8, diferente da cardioide, tem o mesmo desenho no ângulo de 0° e no de 180° podendo dizer que este possui duas frentes.

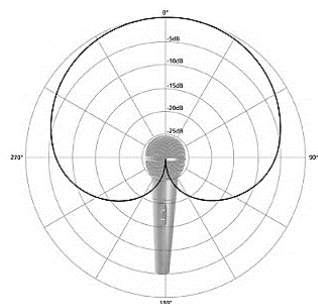
¹³ Termo técnico usado para se referir a um desvio de caminho alternativo para um sinal, em geral para evitar sua passagem por algum dispositivo ou processador. Nos equalizadores, por exemplo, a chave *by-pass* permite desviar a equalização, de forma que o sinal possa passar diretamente da entrada para a saída, sem alteração. Ratton (2004, p. 26)

¹⁴ Tipo de Filtro projetado para permitir apenas a passagem das frequências do sinal que estejam acima da frequência de corte, rejeitando as componentes que estejam abaixo dela. Ratton (2004, p. 64)

Valle (2002 p.31-32) diz ainda que “cada uma destas duas frentes evidentemente terá as mesmas características que a outra [...]” e que “o cancelamento¹⁵ ocorrerá exatamente aos lados a mais ou menos 90°”.

Desta forma o microfone cardioide, como mostrado no diagrama da figura 11, capta o som de uma forma mais direta evitando assim grandes interferências externas com ruídos do ambiente. Diferente deste, o microfone bidirecional ou figura 8, representado em um diagrama na figura 12, por ter basicamente duas frentes capta o som nos dois polos. Este tipo de microfonação é indicado apenas quando se deseja captar eventos sonoros posicionados nos dois polos, caso contrário, além do som do instrumento irá captar também toda a influência externa.

Figura 11– Diagrama polar do Microfone Cardioide



Fonte: Rosales (2012)

Figura 12 – Diagrama Polar do microfone bidirecional/Figura 8



Fonte: CINE (2012).

O microfone bidirecional é ideal quando necessitamos captar eventos sonoros nas duas frentes, porém, para nossa pesquisa optamos por usar a chave de seleção do B2-Pro voltada para a captação cardioide a fim de diminuir a influência da sala nas amostras coletadas, uma vez que a fonte sonora foi produzida frontalmente.

3.2 Microfonação

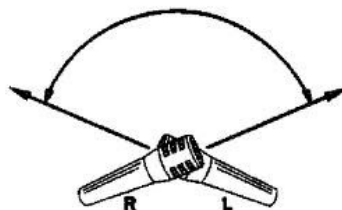
A microfonação é um dos pontos cruciais da pesquisa a ser desenvolvida, pois uma captação ruim de áudio pode afetar diretamente na qualidade e confiabilidade das amostras que serão utilizadas. Valle (2002) diz que “uma captação malfeita dificilmente pode ser reparada por meios eletrônicos, mesmo usando sofisticados processadores ou *softwares*”, destacando assim a importância deste tópico.

¹⁵ Interferência destrutiva que ocorre entre duas ondas sonoras. Quando duas ondas possuem frequência e amplitude similares, mas com fase oposta (180° ou outro ângulo congruente: 540°, 900° etc.), podem produzir efeito mutuo de cancelamento. Ratton (2004, p. 29).

3.2.1 Tipos de microfonação

Inicialmente optamos por dois tipos de microfonação a X/Y e também a M/S, a primeira consiste no uso de dois microfones direcionais, geralmente cardioides, posicionados um acima do outro e direcionados para seus opostos, um para direita e o outro para a esquerda, segundo Valle (2002) “um dos microfones favorecera os elementos a esquerda, e o outro, os elementos a direita”.

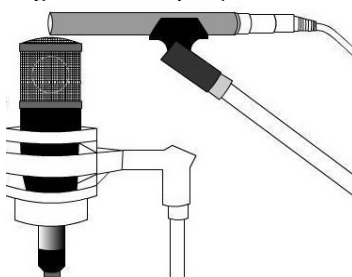
Figura 13 – Microfonação X/Y



Fonte: Ribeiro, 2011.

A segunda técnica de captação escolhida foi a M/S (Mid-Side) está por sua vez, não traz necessidade de usar dois microfones idênticos, mas sim um dinâmico e um a condensador com figura 8, posicionados também um em cima do outro, porém com ângulos diferentes, de forma que o dinâmico (Mid) fique voltado diretamente para a fonte sonora e o microfone a condensador com a figura 8 (Sid) posicionados para direita e esquerda. Valle (2002) ressalta que neste tipo de microfonação, “a precisão da imagem (sonora) do centro é muito grande na técnica M/S [...] não há o problema de resposta ruim fora do eixo”. E ainda diz “A captação M/S é preferível, porque a imagem do centro *sempre* requer maior precisão que as imagens laterais”.

Figura 14 – Captação M/S



Fonte: Guimarães, 2010.

3.2.2 Microfonação escolhida para pesquisa

Após testes realizados com os tipos de microfonação pré-estipulados optamos por utilizar a alternativa mais simples, usando um único microfone posicionado em frente a 12° casa a uma distância aproximada de 15cm do braço do violão.

Concordamos que esta seria a melhor opção, pois não teríamos que manipular o áudio para unir as faixas dos dois microfones e foi o tipo de microfonação que captou o som do violão com mais fidelidade diminuindo a reverberação da sala e deixando os graves e agudos equilibrados.

Figura 15 – Microfonação 12º casa



Fonte: Elaboração do autor

3.3 Ambiente

O ambiente onde aconteceu a execução instrumental também pode se tornar um fator crucial no resultado sonoro final, retardos sonoros, reflexões indevidas causadas por paredes com tratamento acústico incorreto, e também a quantidade (falta ou excesso) de “*reverb*” natural causado pelo espaço onde ocorrera a performance, gravação ou captação de amostras, influenciando no resultado sonoro final.

Valle (2006) diz que “a reverberação¹⁶ é o mais importante fenômeno da acústica, responsável por belezas enormes e por fracassos enormes também”, este fenômeno nada mais é que uma numerosa quantidade de reflexões sonoras dentro de um ambiente seja ele um estúdio ou um estádio.

Salas pequenas não possuem uma reverberação real, o que acontece é que com o tratamento certo com a quantidade certa de paredes difusas¹⁷, conseguimos uma quantidade certa de “*early reflections*” que segundo Valle (2006) é “o mesmo que reflexões primárias” que causam uma sensação de reverberação.

O tempo de reverberação também é um fator muito importante pois este junto com o tempo que a reverberação leva para desaparecer¹⁸ determina a Coloração da sala ou lugar onde está sendo realizado o processo de gravação ou execução. Vasconcelos (2014) entra em concordância com Valle (2006) neste aspecto, dizendo que “certamente, as condições de acústica ideais de um ambiente devem requerer tempo de reverberação entre estes dois

¹⁶ O fenômeno da **reverberação** consiste em reflexões múltiplas do som. A **reverberação** ocorre quando o som refletido atinge o observador no instante em que o som direto está se extinguindo, ocasionando o prolongamento da sensação auditiva. Dicionário informal disponível em: <<http://dicionarioinformal.com.br/reverberação/>>. Acesso 10 jun. 17.

¹⁷ Parede com pedaços fragmentados espalhados por toda sua extensão.

¹⁸ RT₆₀ (VALLE 2006, p.97)

estremos”, considerando estes uma sala com tempo de reverberação quase nulo, e uma sala com um tempo de reverberação muito grande¹⁹.

Uma vez que o curso de música da Universidade Federal de Uberlândia não possui uma sala em que seja possível controlar os tipos de reverberações optamos por realizar as gravações na sala Camargo Guarnieri, que não possui isolamento acústico total, mas possui portas isoladas, o que diminui a quantidade de interferências externas. Desta maneira conseguiremos controlar de forma aceitável as influências externas nas amostras coletadas, diminuindo frequências não pertencentes ao violão.

¹⁹ Como por exemplo um $RT_{60} = 100\text{ms}$.

4. Análise computacional

Este capítulo destina-se a investigação dos recursos e ferramentas para análise de áudio do software Sonic Visualiser, tais como *Peak Frequency Spectrogram* e também um apanhado geral referente a Transformada de Fourier (FT)²⁰, utilizada para fragmentar o áudio revelando a série de harmônicos presente na amostra.

4.1 Software Sonic Visualiser

Para o procedimento de análise dos dados optamos pela escolha de um software que seja intuitivo, e com o download tanto do mesmo quanto de seus *plug-ins* liberado, sendo assim optamos pela escolha do software de análise musical “*O Sonic Visualiser*²¹”, que se trata de um software desenvolvido por Cris Cannam, mantido pelo Centro de Música Digital da “Queen Mary” da Universidade de Londres. Este pertence ao grupo CHARM (*Center for the History and Analysis of Recorded Music*) que atualmente está sob a direção de Nicholas Cook.

O software nos permite uma série de visualizações diferentes das características do áudio, dentre elas, variações de velocidade, *looping*, marcações de pontos de referência, frequências, dentre uma série de outros parâmetros, isto através de *plug-ins* que podem ser baixados online e agregados ao software para uso conjunto com o software.

Para nossa pesquisa nos limitaremos ao uso dos “Espectrogramas”, que consiste em um modelo de visualização do áudio em três dimensões distintas, sendo elas, tempo (representado no eixo horizontal), as frequências (representadas no eixo vertical) e a intensidade das frequências (que podem ser visualizadas através de uma escala de cores).

A partir de março de 2017, este software atinge sua versão de número 3.0 que os próprios desenvolvedores consideram como uma das atualizações mais importantes em relação ao aplicativo em questão, tais como: a possibilidade de usar amostras de áudio gravadas em tempo real, alternar quais dispositivos de gravação e reprodução podem ser usados, um processamento aprimorado de arquivos grandes com mais de 2³² quadros, escalas de cores e novos padrões.

4.2 A Transformada de Fourier (FT)

A transformada de Fourier consiste em uma função matemática que explica exatamente quais frequências simples estão sobrepostas em um som complexo. Segundo *Lord Kelvin* (1867

²⁰ Do Inglês, “Fourier Transform”.

²¹ Software disponível em <<http://www.charm.rhul.ac.uk/index.html>>. Acesso 10 mar. 18.

s/p *apud* Condliffe, 2015 p. 2) “o teorema de Fourier não é apenas um dos mais belos resultados da análise moderna, mas podemos dizer que ele fornece um instrumento indispensável no tratamento de quase todas as perguntas recônditas na física moderna”.

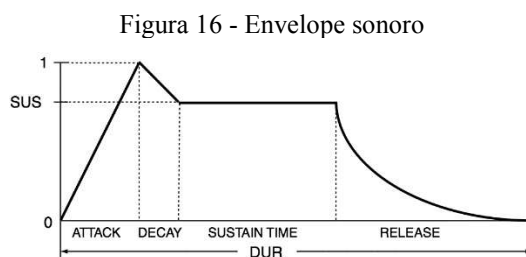
Esta equação foi desenvolvida pelo pesquisador francês Jean-Baptiste Joseph Fourier publicada em 1822 no seu livro *A Teoria Analítica do calor*. Fourier descobriu que era possível representar qualquer tipo de sinais complexos através de uma soma de sinais simples e segundo Condliffe (2015 p. 4) “a grande sacada de Fourier foi perceber que por mais complicada que seja a forma da onda final, ela sempre pode ser separada como uma combinação de senoides – mesmo que isso signifique usar número infinito”.

Na pesquisa será utilizado a transformada de Fourier através do *Peak Frequency Spectrogram*, disponível no Sonic Visualiser, de forma que o mesmo faça os cálculos necessários das amostras pré-selecionadas e apresente os resultados de forma visual para que estes sejam analisados, decodificados e utilizados para esclarecer as diferenças timbrísticas entre os violões adotados na pesquisa.

5. Análise dos Áudios

Para realizar a análise das amostras de áudio utilizou-se no Sonic Visualiser uma configuração específica da janela do espectrograma onde é possível visualizar as frequências e as intensidades. O padrão de cores selecionado para pesquisa se chama Sunset, onde a cor azul representa a intensidade *piano*, vermelha mostra a intensidade *mezzo forte*, e amarela o *forte*. Foi utilizado também o padrão de escala Linear²². O tamanho de janela que melhor se adaptou a análise foi o 16384, com 93,75% de sua visualização e em *Bins* a opção *All Bins*.

Além das configurações específicas utilizadas no software foram selecionados também alguns parâmetros para nortear a análise das amostras sendo eles: a quantidade e intensidade dos harmônicos presentes na amostra, o *attack*²³ e o *Decay*²⁴ dos mesmos.



Fonte: Goldsmiths University of London.

É importante ressaltar que o violão é um instrumento transpositor de oitavas e para facilitar o acompanhamento, foi adotado a grafia tradicional do violão como forma de representação gráfica musical. Adotaremos também o uso de cifras²⁵ e números para representar os harmônicos encontrados, como no exemplo abaixo:



Fonte: Elaboração do autor

²² Relação entre duas quantidades de tal forma que quando uma varia a outra sofre uma variação equivalente. RATTON (2004, p.86)

²³ É a parte inicial da *dinâmica* de um som. RATTON (2004, p.17)

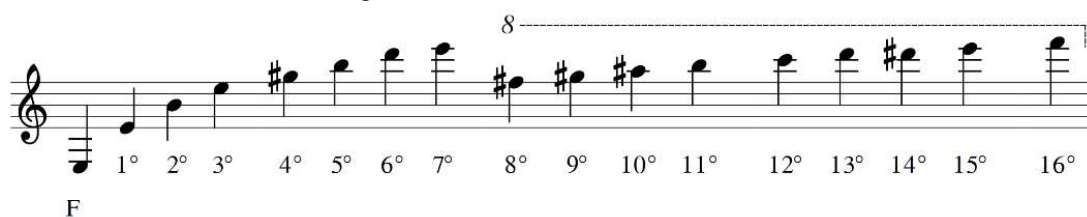
²⁴ Nome técnico dado ao período em que ocorre a queda da amplitude de um som. [2] Em acústica, chama-se *decay* o período que o som leva para se extinguir em um ambiente. RATTON (2004, p.149)

²⁵ Caracteres de convenção ou convenções de linguagem compreensíveis unicamente pelos iniciados. Na música os nomes Lá, Si, Dó, Ré, Mi, Fá, Sol são substituídos pelas sete primeiras letras do alfabeto: Lá (A), Si (B), Dó (C), Ré (D), Mi (E), Fá (F), sol (G). Disponível em: <<https://www.dicionarioinformal.com.br/cifra/>> acesso: 02 jul. 18.

5.1 Sexta corda: nota E2 com sonoridade natural

Apresenta-se a seguir a análise das amostras de áudio da nota E2, com a intensidade *Mezzo-forte* e timbre natural. Para facilitar a análise será considerado a serie harmônica da nota E2 da seguinte forma: (F) Fundamental²⁶ (E2), 1° (E3), 2° (B3), 3° (E4), 4° (G#4), 5° (B4), 6° (D5), 7° (E5), 8° (F#5), 9° (G#5), 10° (A5), 11° (B5), 12° (C6), 13° (D6), 14° (D#6), 15° (E6), 16° (F6).

Figura 18 – Série harmônica da nota E2

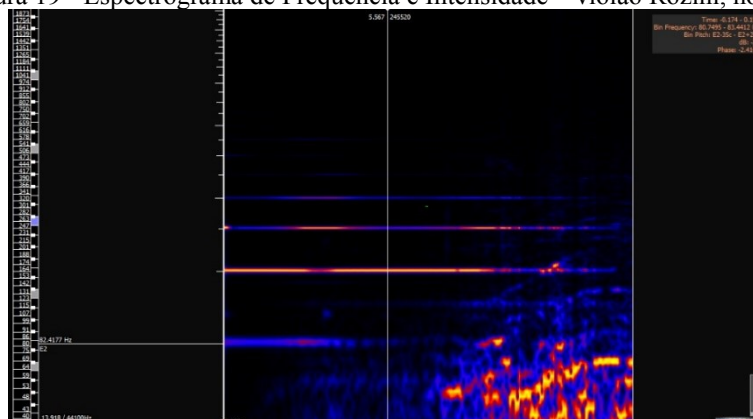


Fonte: Elaboração do autor

5.1.1 Violão Rozini

A amostra de áudio da nota E2 no violão Rozini traz, além da nota fundamental, uma série de seis harmônicos²⁷, onde os três primeiros são bem presentes e visíveis e os três últimos com menor intensidade.

Figura 19 - Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota E2



Fonte: Elaboração do autor

Nota-se que a nota fundamental (F) E2 se apresenta de forma menos intensa que o 1° e 2° harmônico com -27dB e logo se extingue durando apenas 4.574s, apesar do ruído presente

²⁶ É a frequência mais baixa (grave) existente em um som. (RATTON, 2004 p.69)

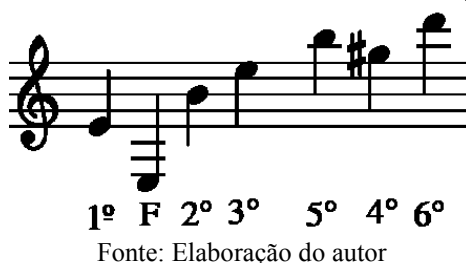
²⁷ Termo usado para designar as frequências que compõem um som, múltiplos inteiros da frequência fundamental. (RATTON, 2004 p.76).

na amostra, representado pelas cores amarela e azul no lado direito da Figura 19. O 1º harmônico é o mais estável deles com seu início forte (amarelo) e presente com -23dB, possui também um *Decay* longo visível por toda amostra durando cerca de 13.397s tendo seu fim com -51dB. O 2º harmônico tem o seu ataque em amarelo (*forte*) oscilando entre -24 e -22dB, este possui uma duração maior que o 1º harmônico com cerca de 13.490s, o 3º harmônico tem um início Azul (*piano*) com 31dB, com uma duração de 13.096s se findando entre -50 e -51dB.

Após esta sequência, onde temos a fundamental e três harmônicos mais fortes, podemos visualizar uma série de três harmônicos com pouca Intensidade²⁸ e menor duração, que se apresentam na seguinte sequência de intensidade: 5º harmônico (B4) com seu *attack* entre -34 e -33dB durando 3.900s e se findando entre -51 e -47dB, 4º harmônico (G#4) com o *attack* oscilando entre -37 e -36dB com sua duração de 10.472s tendo seu fim entre -51 e -47dB e o 6º harmônico (D5) com o *attack* entre -41 e -41dB durando cerca de 6.687s e com seu fim entre -63 e -58dB.

Assim, a serie harmônica da nota E2 no violão Rozini ocorre na seguinte sequência evidenciando as intensidades apresentadas: 1º (E3), Fundamental (E2), 2º (B3), 3º (E4), 5º (B4), 4º (G#4), 6º (D5).

Figura 20 – Série Harmônica da nota E2 do violão Rozini em sequência de intensidades

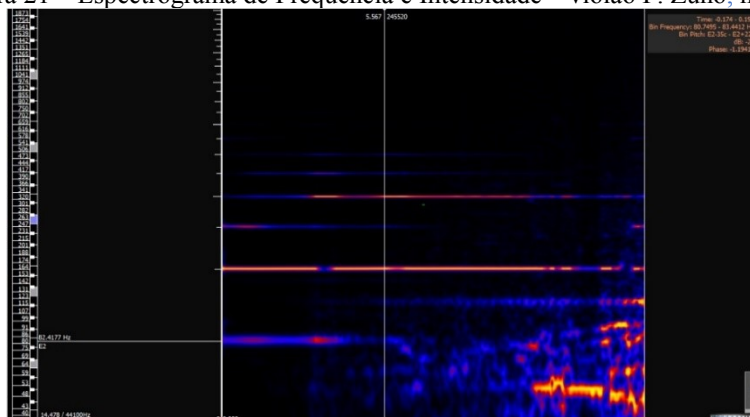


5.1.2 Violão Fabio Zuno

O violão do luthier Fábio Zuno apresenta, através dos espectrogramas, a frequência de 129.516Hz, localizada entre um A#2 e um B2. Trata-se de uma frequência não pertencente à série harmônica, portanto, não podemos identificar com precisão a sua origem. Além da (F) Fundamental (E2), a amostra traz os seguintes harmônicos primários, o 1º (E3), 3º harmônico (E4).

²⁸ As imagens ficam melhor definidas em arquivos digitais ou no Sonic Visualiser, portanto, ao imprimi-las podem perder a nitidez.

Figura 21 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota E2

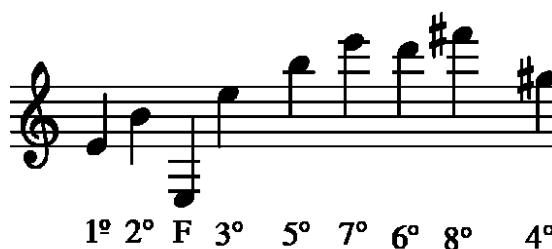


Fonte: Elaboração do autor

A fundamental (F) tem um início muito visível na cor azul (*piano*) com uma intensidade de -25dB, mas se extingue rapidamente durando cerca de 6.269s com aproximadamente -46dB. O 1º harmônico, é o que se apresenta de forma mais estável e se mantém por quase todo tempo da amostra com seu *attack* em -21dB de forma que a cor amarela (*forte*) é predominante, sua duração é de 13.746s tendo seu fim com -51dB. O 2º harmônico presente na amostra possui o *attack* na cor azul (*piano*) com intensidade entre -24 e -23dB e decai por todo trecho da amostra durando cerca de 8.126s e finalizando com -60dB. O 3º harmônico tem seu início com pouca intensidade sendo visível na cor azul (*piano*) e cerca de -30dB mas começa a ganhar força indo do azul para o vermelho (*mezzo forte*) por volta de 0,424 s e se tornando totalmente visível na cor amarelo (*forte*) aos 2.546 s, sua duração total é de 14.466 e se finda com -50dB.

Após essa sequência de harmônicos mais visíveis temos mais 5 harmônicos que são menos presentes, mas que compõe a amostra: 5º, 7º, 6º, 8º e 4º. O 5º harmônico (B4) inicia com *attack* entre -36 e -34dB durando cerca de 11.609s e terminando entre -61 e -60 dB. O 7º harmônico (E5) começa em -37dB com um *decay* constante durando cerca de 9.427s tendo seu fim entre -65 e -63dB. O 6º harmônico (D5) possui um *attack* que oscila entre -40 e -38dB, durando aproximadamente 3.436s e tendo seu fim também oscilando, mas entre -57 e -56dB. O 8º harmônico (F#5) tem seu início com intensidade entre -45 e -38dB, uma duração de 5.596s e finaliza entre -60 e -53dB. O 4º harmônico (G#4) tem seu *attack* indefinido, oscilando entre -51 e -35dB mas com uma duração considerável de 12.329s e tendo seu fim entre -63 e -59dB. Desta forma, temos a serie harmônica com a seguinte ordem de intensidades: 1º (E3), 2º (B3), (F) Fundamental (E2), 3º (E4), 5º (B4), 7º (E5), 6º (D5), 8º (F#5), 4º (G#4).

Figura 22 – Série harmônica Fábio Zuno E2 em sequência de intensidades

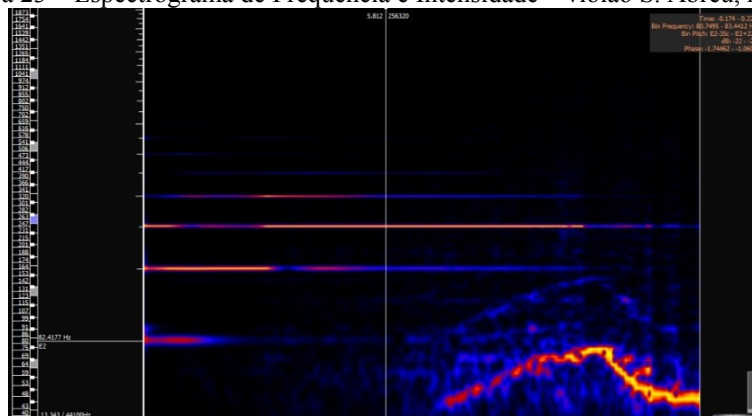


Fonte: Elaboração do autor

5.1.3 Violão Sérgio Abreu

No violão Sérgio Abreu, Além da fundamental (F), nota-se três harmônicos mais visíveis e 5 harmônicos que estão presentes na amostra com menos projeção.

Figura 23 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota E2



Fonte: Elaboração do autor

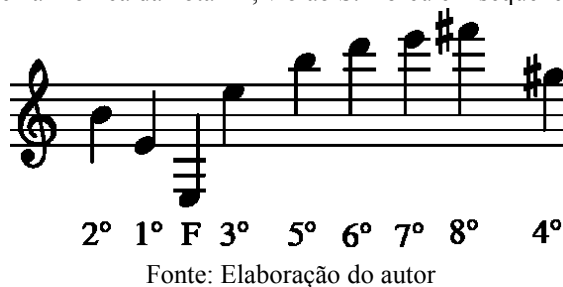
Desta forma começamos a série harmônica da nota E2 do violão Sérgio Abreu da seguinte maneira: 2º (B3), 1º (E3), Fundamental (E2) e 3º (E4). O 2º harmônico se apresenta com a intensidade na cor amarela com -20dB, decaindo por toda a amostra sonora, passando pelo vermelho (*mezzo forte*), uma granulação entre amarelo e vermelho terminando no azul (*piano*) até se extinguir com -42db e duração de 13.305s.

O 1º harmônico (E3) tem uma intensidade quase igual ao 2º harmônico (B3), com seu *attack* oscilando entre -21 e -20dB, sua duração é de 11.400s e um *decay* constante terminando com -42dB. A fundamental (E2) tem seu *attack* em -22dB com uma duração de aproximadamente 5.758s terminando com -46dB. O 3º harmônico tem seu início fraco na cor azul e com uma intensidade de -28dB, mas ganha intensidade passando do azul para o vermelho (*mezzo forte*) e de forma muito rápida para a cor amarela (*forte*), logo após um *decay* constante durando cerca de 12.840s até se extinguir entre -51 e -50dB.

De forma menos intensa os harmônicos se apresentam na seguinte sequência de intensidades: 5° (B4), 6° (D5), 7° (E5), 8° (F#5), 4° (G#4), onde o 5° (B4) tem seu *attack* oscilando entre -30 e -28dB durando cerca de 5.828s e tendo seu fim indefinido oscilando entre -66 e -54dB. O 6° (D5) inicia com o *attack* oscilando entre -35 e -33dB, duração com cerca de 9.218s e terminando com intensidade entre -60 e -59dB. O 7° harmônico (E5) tem o *attack* entre -37 e -36dB durando apenas 4.342s e com um final também indefinido entre -58 e -53dB. O 8° harmônico se apresenta com um *attack* entre -37 e -36dB, com uma duração de apenas 1.578s. O 4° harmônico (G#4) tem o *attack* mais indefinido até o momento oscilando entre -56 e -39dB, durando apenas 0.580s e finalizando com -55dB.

Formando assim a serie harmônica desta maneira: 2° (B3), 1° (E3), fundamental (E2), 3° (E4), 5° (B4), 6° (D5), 7° (E5), 8° (F#5), 4° (G#4).

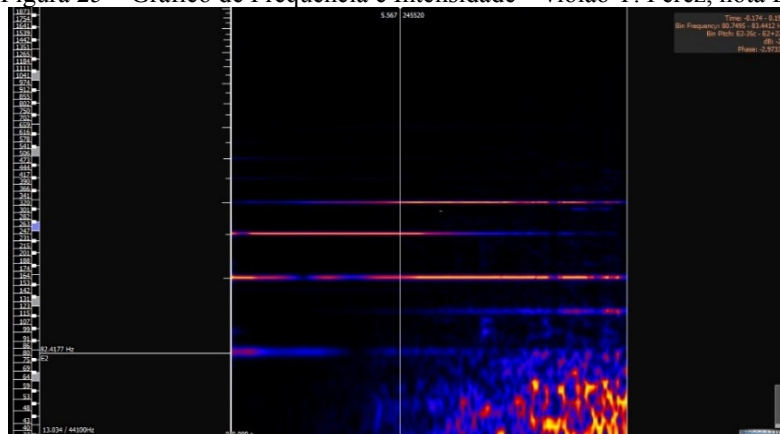
Figura 24 – Série harmônica da nota E2, violão S. Abreu em sequência de intensidades



5.1.4 Violão Teodoro Perez

Na amostra da nota E2 do violão Teodoro Perez podemos notar, além da fundamental, uma série de harmônicos bem visíveis. A frequência de B2 não pertence a série em questão, apesar da nota B pertencer em outras oitavas.

Figura 25 – Gráfico de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota E2



Como nas outras amostras analisadas, o violão Teodoro Perez possui além da (F) fundamental (E2), uma série de três harmônicos mais visíveis, sendo eles em ordem de intensidade o 1° (E3), 2° (B3), a (F) Fundamental (E2) e o 3° harmônico (E4). O 1° harmônico (E3) apresenta-se com um *attack* em -19dB na cor amarela (forte), com dois decaimentos de intensidade, o primeiro para a cor azul (fraco) por volta dos 2,257s e o segundo por volta dos 3,831s, se mantendo na cor amarela até o fim da amostra onde possui uma pequena serie de granulações nas cores amarelo, vermelho e azul terminando com -45dB aos 13,003s. O *attack* do 2° harmônico (B3) tem uma intensidade menor que o primeiro com 19,5dB, mas ainda no tom de amarelo e menos vivo, com um *decay* gradativo ao fim da amostra durando cerca de 12,631 segundos e se findando com -52dB de intensidade. A (F) fundamental (E2) se apresenta de forma menos intensa que os outros harmônicos, porém tem um rápido *decay* saindo da cor vermelha (*mezzo forte*) com -22dB e indo para a cor Azul (piano) durando cerca de 3,947s e terminando com -42dB. Por fim o 3° harmônico (E4) tem um *attack* na cor azul com -28,5db, mas ganha intensidade e oscila por toda amostra entre as cores amarelo, vermelho e azul, sua duração é de 13,026 segundos e seu fim acontece com -49dB.

De forma menos visível temos a seguinte sequência de harmônicos: 5° (B4), 4° (G#4), 6° (D5) e 7° (E5). O 5° harmônico possui um *attack* em -29dB com duração de 11,795s e se findando com -60dB. O 4° harmônico tem seu *attack* com -33,5dB com um *decay* durando 13,003s e tendo seu fim com aproximadamente -59dB. O 6° harmônico se apresenta com -38,5dB e, diferente do último harmônico, tem um *decay* muito rápido durando apenas 1,207s. Por último temos o 7° harmônico com o menor *attack* em -40dB porem dura cerca de 2,159s.

Desta forma a nota E2 do violão Teodoro Perez possui a seguinte série harmônica: 1° (E3), 2° (B3), (F) Fundamental (E2), 3° (E4), 5° (B4), 4° (G#4), 6° (D5), 7° (E5).

Figura 26– Série harmônica da nota E2, T. Perez em sequência de intensidades

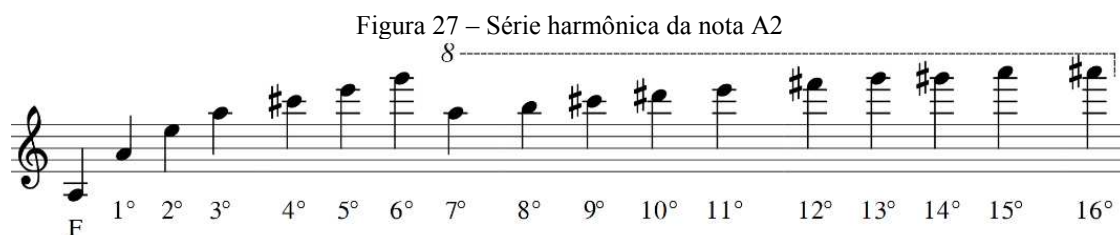


Fonte: Elaboração do autor

5.2 Quinta corda: nota A2 com sonoridade natural

Apresenta-se a seguir a análise das amostras de áudio da nota A2, com a intensidade *Mezzo forte* e timbre considerado natural. Para facilitar a análise foi considerada a serie harmônica de A2 da seguinte forma: (F) Fundamental (A2), 1° (A3), 2° (E4), 3° (A4), 4° (C#5), 5° (E5), 6°

(G5), 7° (A5), 8° (B5), 9° (C#6), 10° (D#6), 11° (E6), 12° (F#6), 13° (G6), 14° (G#6), 15° (A6), 16° (A#6).

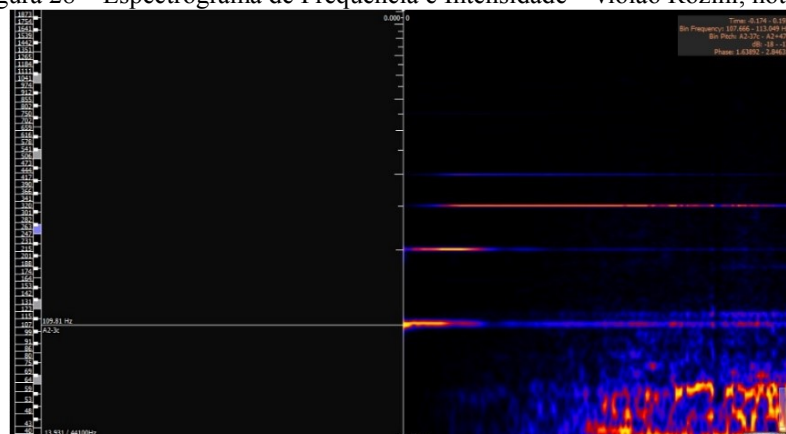


Fonte: Elaboração do autor

5.2.1 Violão Rozini

Nesta amostra de áudio poucas frequências se apresentaram, de forma que a série harmônica ficou organizada com (F) Fundamental (A2), 1° (A3), 2° (E4), 3° (A4).

Figura 28 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota A2



Fonte: Elaboração do autor

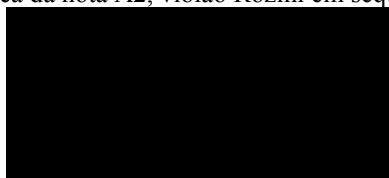
A frequência fundamental da nota A2 é perceptível em toda amostra diferentemente das anteriores, com um *attack* visivelmente mais forte que os harmônicos presentes, porém por volta de 5,804s ela se mistura com uma grande quantidade de ruídos externos provocados pela falta de isolamento da sala Camargo Guarneri, ficando granulada entre azul e vermelho. Seu *attack* se apresenta com -18,5dB, e tem um *decay* constante de 13,374 segundos com seu fim em -45dB.

O primeiro harmônico possui um *attack* com intensidade de -20dB, mas ganha intensidade passando pelas cores vermelho e amarelo e depois um decaimento proporcional indo do amarelo (*forte*) para o vermelho (*mezzo-forte*) e depois para o azul (*piano*) e mantendo-se assim até o fim da amostra sua duração é de 13,119 segundos, finalizando em -49,5dB.

O segundo harmônico se mostra visível e estável por praticamente toda amostra, exceto pelo início que começa fraco na cor azul (*piano*) com intensidade de -29dB, mas logo em seguida ganha intensidade rapidamente passando pelo vermelho (*mezzo-forte*) e chegando no amarelo (*forte*). Por volta de 8,219s a linha de frequência começa a granular entre as cores azul, vermelho e amarelo, sua duração total é de 13,606 segundos com a intensidade final de -50dB.

Ainda seguindo a ordem das intensidades, temos o terceiro harmônico. Este já não é tão visível se comparado aos outros analisados, se apresenta apenas na cor azul (*piano*) com intensidade de -31,5 em seu *attack* durando cerca de 10,100 segundos com um *decay* constante chegando ao seu fim com -50dB.

Figura 29 – Série harmônica da nota A2, violão Rozini em sequência de intensidades

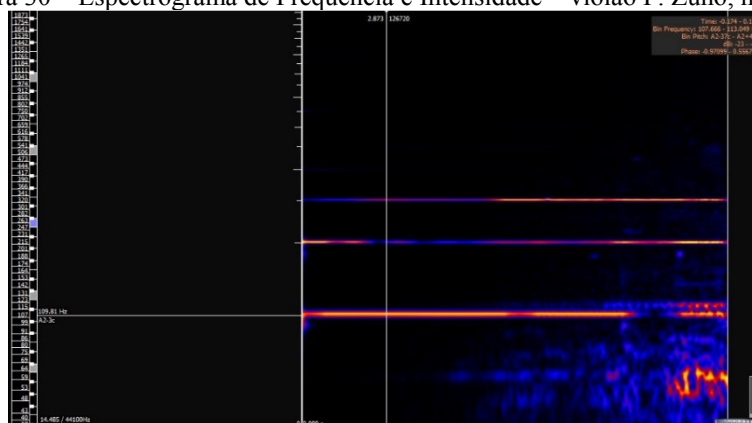


Fonte: Elaboração do autor

5.2.2 Violão Fábio Zuno

A amostra da nota A2 referente ao vilão Fabio Zuno apresenta apenas dois harmônicos bem visíveis além da (F) Fundamental (A2), sendo eles o 1° (A3), 2° harmônico (E4), e dois harmônicos menos visíveis o 3° (A4) e o 6° harmônico (G5).

Figura 30 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota A2



Fonte: Elaboração do autor:

Seguindo a ordem de intensidade dos *attacks* temos o 1° harmônico (A3) em primeiro lugar com a intensidade de -22dB. Esta frequência oscila por toda a amostra entre as cores azul, vermelho e amarelo, apresentando uma queda de intensidade muito grande aos 2,647 segundos

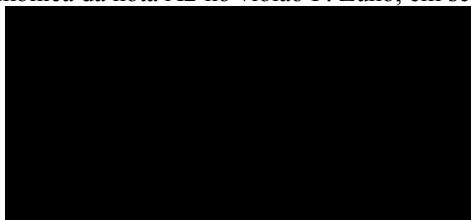
onde a linha de frequência some mas volta a ressoar novamente ganhando intensidade, sua duração total é de 14,446 segundos terminando com -46dB.

Nota-se uma pequena distorção no *attack* da (F) fundamental, esta distorção dura cerca de 0,255s na frequência de G#2, seu *attack* tem menos intensidade que o 1º harmônico com 22,5dB porém e a intensidade do mesmo no decorrer da amostra é visivelmente maior através da escala de cores ao fim da amostra notamos uma queda na intensidade próximo do segundo 11,749, mas volta a ressoar tendo seu fim com 14,466s e -47,5dB.

O 2º harmônico tem um *attack* fraco na cor azul com -29dB e cresce gradativamente passando pelo vermelho (*mezzo-forte*) até chegar na intensidade amarelo (*forte*), oscilando entre vermelho e amarelo até o fim da amostra de áudio, sua duração é de 14,466s e tem seu fim por -46dB.

De forma menos visível temos ainda na sequência de intensidades o 3º (A4) e o 6º harmônicos (G5), onde o 3º harmônico (A4) tem seu *attack* com -32dB com um rápido *decay* de 1,834 segundos finalizando com -37dB. O 6º harmônico (G5) inicia seu *attack* com -37dB durando apenas 0,626 segundos e tendo seu fim com -56dB, resultando na seguinte série harmônica baseada na ordem de intensidade dos harmônicos: 1º (A3), (F) Fundamental (A2), 2º (E4), 3º (A4), 6º (G5).

Figura 31 – Série harmônica da nota A2 no violão F. Zuno, em sequência de intensidade

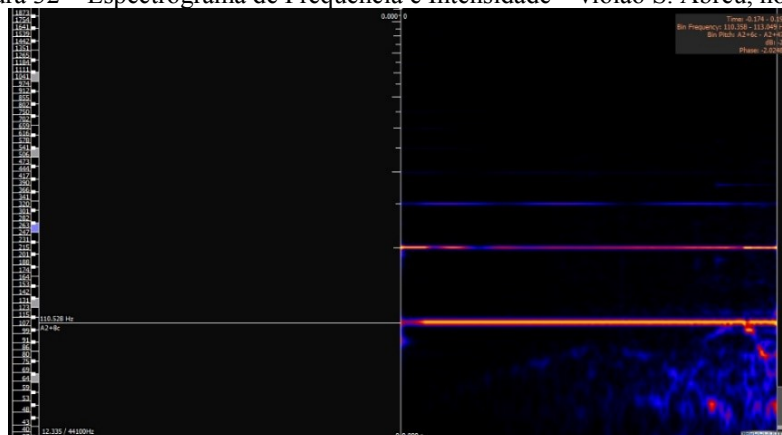


Fonte: Elaboração do autor

5.2.3 Violão Sérgio Abreu

É possível notar no violão Abreu a mesma quantidade de harmônicos visíveis que o violão Fábio Zuno, porém, em intensidade e organização diferente, de forma que seguindo a sequência de intensidades dos *attacks* temos: 1º (A3), Fundamental (A2), 2º (E4), de forma menos visível temos o 3º (A4) e 4º harmônico (C#5).

Figura 32 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota A2



Fonte: Elaboração do autor

O 1º harmônico se apresenta como *attack* mais intenso que a fundamental com -20,5dB, se faz instável em praticamente toda amostra com variações de intensidade nas cores azul e vermelho, onde sua duração é de 12,329s e seu final acontece com aproximadamente -43dB.

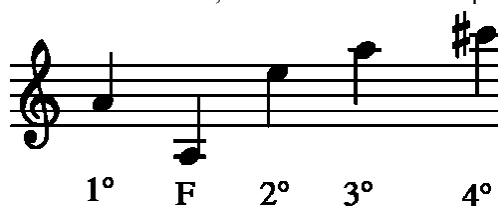
Nesta amostra a linha da fundamental é visivelmente mais intensa e estável se comparamos com os outros dois harmônicos, porém seu *attack* se dá com -23dB. Há também uma oscilação no *attack* que se parece com a do violão Fábio Zuno, porém de forma menos intensa. A duração deste harmônico também é de aproximadamente 12,329 segundos e seu final é de -42dB.

O segundo harmônico é visivelmente instável oscilando em vários momentos dando a impressão de ressoar sob influência de alguma frequência compatível apenas na cor azul e as vezes sumindo por completo. Seu *attack* é de -28dB com um *decay* constante durando cerca de 12,32 segundos finalizando com -51,5dB.

De forma menos visível o 3º harmônico (A4), se apresenta com o *attack* em -32dB, seu *decay* é constante durando 9,566 segundos terminando em -50dB, e por último, o 4º harmônico (C#5) tem o menor *attack* com -39dB, durando apenas 0,325s e tendo seu fim com -59dB.

Tomando como parâmetro a intensidade do *attack* dos harmônicos, temos a seguinte série harmônica: 1º (A3), Fundamental (A2), 2º (E4), 3º (A4), 4º (C#5)

Figura 33 – Série harmônica da nota A2, violão S. Abreu em sequência de intensidades

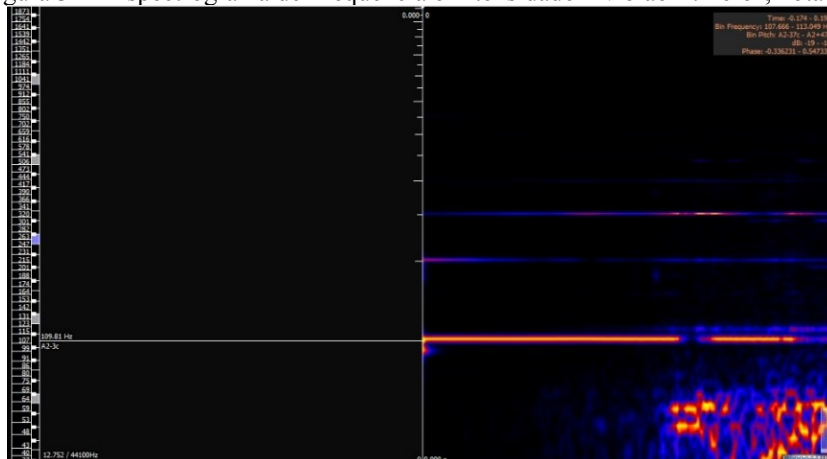


Fonte: Elaboração do autor

5.2.4 Violão Teodoro Perez

Na amostra da nota A2 pertencente ao violão Teodoro Perez encontramos uma pequena oscilação em G#2 no *attack* da nota e ressoando junto com a fundamental igual aos dois violões anteriores. Ao fim da amostra notamos uma frequência estranha que se refere a nota B2, mas estes dois fatores não prejudicam a análise da amostra.

Figura 34 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota A2



Fonte: Elaboração do autor

Como nas amostras dos violões Fábio Zuno e Sérgio Abreu, no violão Teodoro Perez a nota A2 possui, além da (F) fundamental (A2), dois harmônicos mais visíveis sendo eles em ordem de intensidade, o 1º (A3) e o 2º harmônico (E4).

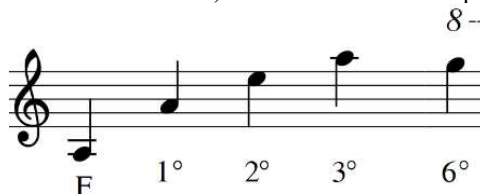
A fundamental se apresenta com sua linha de frequência visivelmente mais intensa com a cor amarela e *attack* de -18,5dB. Se mantendo estável por praticamente toda amostra com duas quedas na intensidade, a primeira por volta de 8,289s chegando a desaparecer a linha de frequência e a segunda por volta de 11,702 segundos granulando entre vermelho e azul. Sua duração total é de 12,747 segundos e tendo seu fim com -47dB.

O 1º (A3) harmônico possui um *attack* em -21dB, sua linha de frequência desaparece e volta a ressoar por toda a amostra. Sua duração total, ignorando o tempo em que o mesmo desaparece, é de 12,447 segundos e seu fim se dá com -51,5dB. O 2º (E4) harmônico possui um *attack* na cor azul (*piano*) com -27dB, ganhando intensidade em vários pontos da amostra. Sua duração total é de 12,747 segundos, finalizando com -49dB.

De forma menos visível temos o 3º harmônico (A4) com seu *attack* em -33dB e um *decay* constante durando 12,004 segundos e -60,5dB. O 6º harmônico (G5) com seu *attack* em -37dB um *decay* bem rápido durando apenas 1,462 segundos e -62dB.

Formando assim a respectiva série harmônica: (F) Fundamental (A2), 1° (A3), 2° (E4), 3° (A4), 6° (G5).

Figura 35 – Série harmônica da nota A2, violão S. abreu em sequência de intensidades

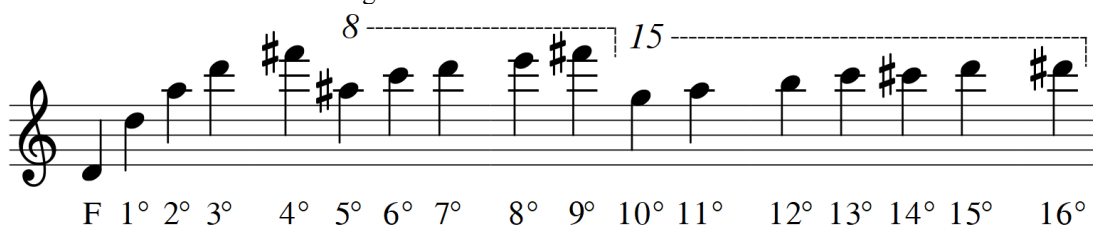


Fonte: Elaboração do autor

5.3 Quarta corda: nota D3 com sonoridade natural

Apresenta-se a seguir a análise das amostras de áudio da nota A2, com a intensidade *Mezzo forte* e timbre considerado natural. Para facilitar a análise considerou-se a serie harmônica de D3 da seguinte forma: (F) Fundamental (D3), 1° (D4), 2° (A4), 3° (D5), 4° (F#5), 5° (A5), 6° (C6), 7° (D6), 8° (E6), 9° (F#6), 10° (G6), 11° (A6), 12° (B6), 13° (C7), 14° (C#7), 15° (D7), 16° (D#7).

Figura 36 – Série harmônica da nota D3

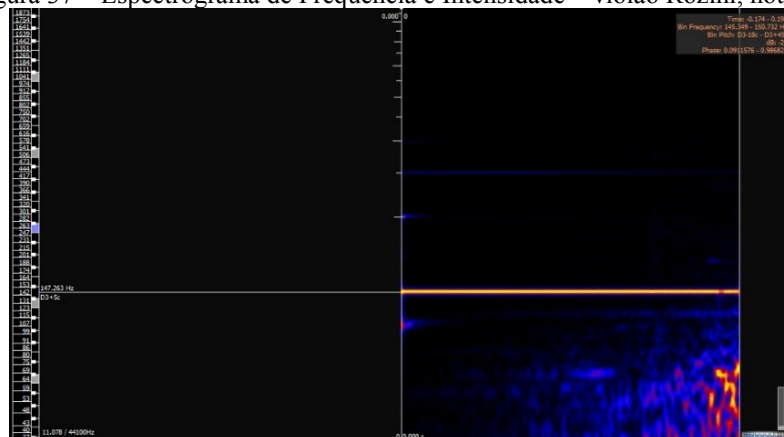


Fonte: Elaboração do autor

5.3.1 Violão Rozini

Podemos notar que nos violões selecionados quanto mais aguda a amostra, menos harmônicos a mesma apresenta. Na amostra da nota D3 pertencente ao violão Rozini notamos que apenas a (F) fundamental (D3) é evidente. É possível verificar a frequência de um A2 no *attack* da nota e sua oitava o A3, estes provavelmente vibram por ressonância do 2° (A4) harmônico, que pertence a serie harmônica de D3 e por imperícia do executante em abafar a corda A2 que vibra por simpatia.

Figura 37 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota D3



Fonte: Elaboração do autor

A fundamental (D3) tem seu *attack* com -25dB com um longo *decay* durando aproximadamente 11,075 segundos e com intensidade final de -41,5dB. Ainda seguindo a sequência de intensidade dos *attacks*, temos o 1º harmônico (D4) com seu *attack* em -28dB, porém este tem um *decay* rápido durando apenas 0,975 segundos e sua intensidade final é de -39dB.

O 2º harmônico (A4) é visível por toda amostra na cor azul (*piano*) seu *attack* é de -33dB e seu *decay* dura aproximadamente 11,075 segundos. O 3º harmônico (D5), mostra-se de maneira quase invisível na amostra seu *attack* é de -35dB e seu *decay* é de apenas 0,487 segundos se findando com -35,5dB.

Desta forma levando em conta a sequência de intensidades temos a seguinte serie harmônica: (F) Fundamental (D3), 1º (D4), 2º (A4), 3º (D5).

Figura 38 – Série Harmônica D3 Rozini em sequência de intensidades



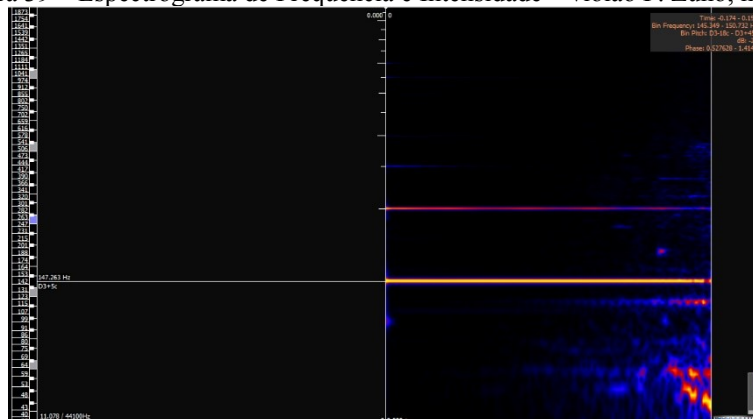
Fonte: Elaboração do autor

5.3.2 Violão Fábio Zuno

Na amostra referente ao violão Fábio Zuno nota-se que os ruídos e interferências são consideravelmente menores que nas amostras anteriores do mesmo violão. Porém, verifica-se as ressonâncias de quatro frequências que não pertencem a série harmônica de D3, sendo elas o G2, B2, E4 e G4. O G2 aparece em uma linha granulada abaixo da fundamental em meio a

massa sonora que é visível em todas as amostras e o restante das frequências em breves momentos que não conseguimos explicar, mas não interfere na análise principal.

Figura 39 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota D3

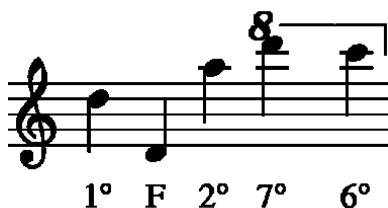


Fonte: Elaboração do autor

Nesta amostra observamos dois harmônicos mais visíveis que são a Fundamental e o 1º harmônico, onde o *attack* da (F) Fundamental (D3) e do 1º harmônico (D4) são muito parecidos. A Fundamental tem o *attack* em -22dB e ganha intensidade ficando visível por toda amostra, seu *decay* é constante e dura cerca de 11,075 segundos terminando com -47dB. O 1º harmônico tem seu *attack* em -21dB, mas diferente da fundamental, este oscila entre as cores vermelho e azul por toda amostra, sua duração total é de 11.052 segundos e a intensidade final é de -50db.

De forma menos visível observamos também o 2º (A4), 6º (C6) e 7º harmônicos (D6). O 2º harmônico (A4) tem seu *attack* em -29dB, um rápido *decay* durando 2.739 segundos finalizando em -41dB. O 7º harmônico (D6) é quase invisível por conta de sua duração que é de apenas 0,023 segundos, seu *attack* tem intensidade de -30db e sua intensidade final é tão baixa que na análise ficou inconclusiva. O 6º harmônico se apresenta com o *attack* em -37,5dB, possuindo um *decay* muito rápido durando somente 0,301 segundos, finalizando com -55dB. Desta forma temos a seguinte série harmônica levando em conta a intensidade dos *attack*: 1º (D4), (F) Fundamental (D3), 2º (A4), 7º (D6), 6º (C6)

Figura 40 - Série harmônica da nota D3, violão F. Zuno em sequência de intensidades

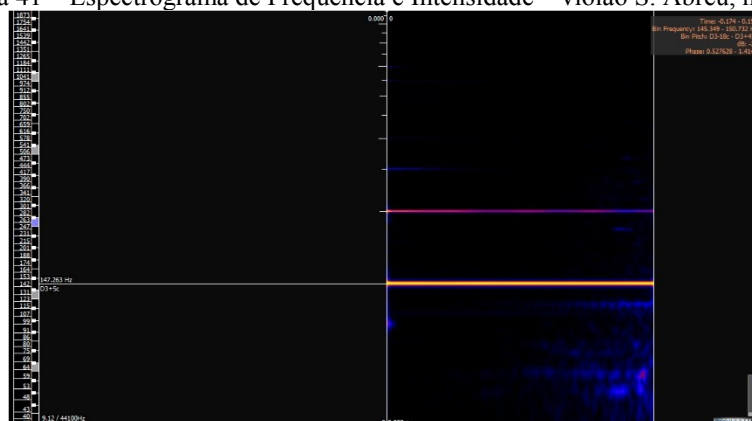


Fonte: Elaboração do autor

5.3.3 Violão Sérgio Abreu

Na amostra do violão Sérgio Abreu, como nas outras amostras, foi possível detectar a frequência dos harmônicos de A2 ressoando de maneira muito tênue. Apesar da nota A pertencer à série harmônica de D, essas frequências são produzidas pela vibração da quinta corda do violão, uma vez que ela não foi abafada pelo intérprete durante a captação. Nota-se ainda alguns harmônicos que aparecem e não pertencem a série harmônica da nota D3, como as frequências de B2 (igual ao violão Fabio Zuno) e B3 de forma menos evidente.

Figura 41 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota D 3



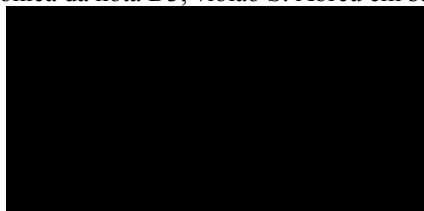
Fonte: Elaboração do autor

Nesta amostra temos a fundamental e o 1º harmônico com a mesma intensidade no *Attack*, ambos com -22dB. A fundamental se mostra sempre estável na cor amarela (*forte*) sua duração é de 9,102 segundos, o mesmo tempo da duração da amostra e sua intensidade final é aproximadamente -42dB. O 1º harmônico, apesar de iniciar em -22dB, oscila o tempo todo entre as cores vermelho (*mezzo-forte*) e azul (*piano*), sua duração total também é de 9,102 segundos, finalizando com intensidade de -44dB.

De forma menos visível temos, seguindo a sequência de intensidade dos *attacks*, o 2º (A4), 7º (D6), 3º (D5) e 6º harmônicos (C6). O 2º harmônico tem seu *attack* iniciando em -29dB, um *decay* constante durando 3,157 segundos e finalizando com aproximadamente -43 dB. O 7º harmônico apresenta-se com -30dB em seu *attack*, um *decay* muito rápido de apenas 0,417 segundos e sua intensidade final é inconclusiva. O 3º harmônico tem seu *attack* em -34dB, um *decay* de 2,716 segundos finalizando com -41dB. Por fim o 6º harmônico que tem o menor *attack* em -37,5db, sua duração é de 3,622 segundos e sua intensidade ao fim da amostra é de -68,5dB.

Como resultado desta análise temos a serie harmônica da seguinte maneira: (F) Fundamental (D3), 1º (D4), 2º (A4), 7º (D6), 3º (D5), 6º (C6).

Figura 42 – Série harmônica da nota D3, violão S. Abreu em sequência de intensidades

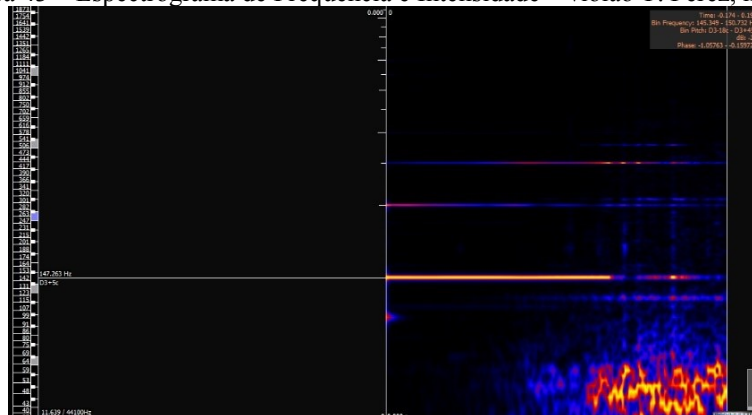


Fonte: Elaboração do autor

5.3.4 Violão Teodoro Perez

Na amostra da nota D3 pertencente ao violão Teodoro Perez notamos uma série de harmônicos estranhos a nota em questão, sendo elas, G#2, B2, D#4 e C5, destas o G#2 aparece em todas as amostras anteriores, mas apenas no *attack* desaparecendo logo em seguida.

Figura 43 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota D3



Fonte: Elaboração do autor

Nesta amostra apenas a (F) fundamental (D3), é mais visível, seu *attack* se apresenta com -22dB, seu *decay* é constante e dura o tempo total da amostra que é de 11,633 segundos, mas é possível notar que por volta de 7,662 segundos a uma grande queda na intensidade, saindo da cor amarelo (*forte*) direto para cor azul (*piano*), com granulações até o fim da amostra, sua intensidade final é de -50dB,

O 1º (D4) harmônico tem seu *attack* com intensidade menor que a fundamental na cor vermelho (*mezzo forte*), sua intensidade é de -23dB e seu *decay* é de 11,633 segundos saindo do vermelho direto para a cor azul. Diferente da fundamental, aqui a estabilidade é menor, com vários trechos onde a linha de frequência desaparece, onde sua intensidade ao fim da amostra é de -51dB. O 2º (A4) harmônico é o mais instável, este tem seu *attack* na cor azul (*piano*) com -30dB. Por volta de 4,017 segundos começa a ganhar intensidade passando para cor vermelho (*mezzo forte*) e depois com três oscilações na cor amarela (*forte*) e por fim acontece o inverso, o mesmo perde intensidade voltando para cor azul (*piano*). Seu *decay* tem duração de 11,540

segundos e sua intensidade final é de -49dB. O 3º harmônico (D5) é o menos visível da amostra seu *attack* é de -35dB durando apenas 4,597 segundos e finalizando com -46,6dB.

Desta forma obtemos a seguinte série harmônica referente a nota D3 do violão Teodoro Perez: (F) fundamental (D3), 1º (D4), 2º (A4), 3º (D5).

Figura 44 – Série harmônica da nota D3, violão T. Perez em sequência de intensidades



5.4 Terceira corda: nota G3 com sonoridade natural

Aqui apresentaremos a análise das amostras de áudio da nota G3, com a intensidade *Mezzo forte* e timbre considerado natural. Para facilitar a análise vamos considerar a serie harmônica de G3 da seguinte forma: (F) fundamental (G3), 1º (G4), 2º (D5), 3º (G5), 4º (B5), 5º (D6), 6º (F6), 7º (G6), 8º (A6), 9º (B6), 10º (C#7), 11º (D7), 12º (E7), 13º (F7), 14º (F#7), 15º (G5), 16º (A7).

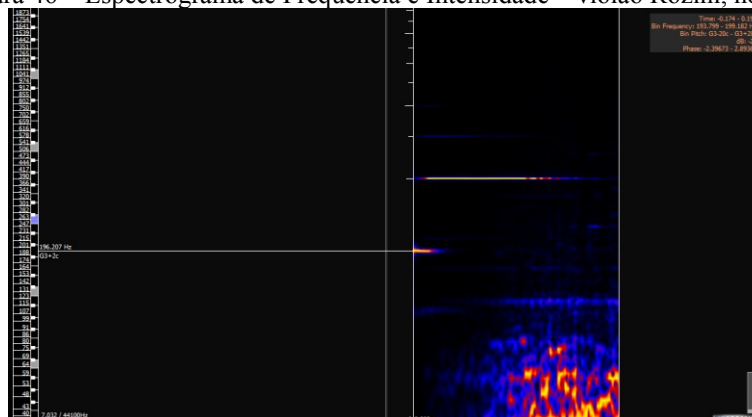
Figura 45 – Série harmônica da nota G3



5.4.1 Violão Rozini

Nesta amostra podemos visualizar uma grande quantidade de frequências estranhas a série harmônica de G3, sendo elas: A2, B2, E3, A3, E4, G#4, B4, vale ressaltar novamente que as gravações não foram realizadas em um ambiente totalmente controlado, de forma que várias interferências aconteceram no decorrer da coleta das amostras de áudio. Nota-se que a intensidade das frequências captadas é bem menor que a das frequências que serão analisadas, com exceção do agrupamento que é visível em todas as amostras até o momento, o que não interfere na análise das frequências pertencentes a serie harmônica em questão.

Figura 46 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota G3



Fonte: Elaboração do autor

A (F) Fundamental (G3) do violão Rozini tem um *attack* na cor amarela (*forte*) com -20dB, porém, possui um *decay* extremamente rápido se extinguindo em aproximadamente 1.509s e sua intensidade final é de -47dB. O 1° harmônico, diferente da fundamental, tem um início na cor Azul (*piano*) e ganha intensidade rapidamente em 0.417s, ficando forte na cor amarelo (*forte*). No fim da amostra por volta de 3,907s, oscila entre as cores vermelho e amarelo e por fim na cor azul, seu *decay* é constante e tem duração de 6,989 segundos com intensidade final de -53,5dB.

De forma menos visível temos o 2° (D5) e 3° (G5) harmônicos, de forma que o 2° harmônico tem seu *attack* na cor azul (*piano*) com intensidade de -33dB, com um *decay* de 5,225 segundos e sua intensidade final é de -61,5dB. O 3° harmônico também possui o *attack* na cor azul (*piano*) com intensidade de -32,5dB, um *decay* extremamente rápido de 0,882 segundos e sua intensidade final é de -40dB.

Como resultante desta análise temos a seguinte serie harmônica: (F) Fundamental (G3), 1° (G4), 2° (D5), 3° (G5).

Figura 47 – Série harmônica da nota G3 – Violão Rozini em sequência de intensidades



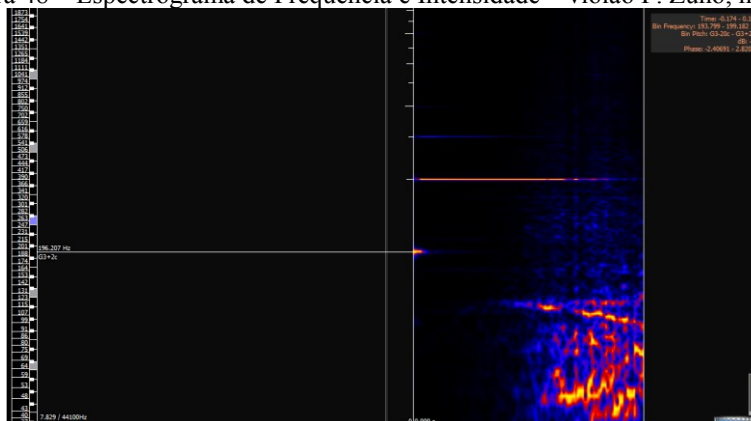
Fonte: Elaboração do autor

5.4.2 Violão Fábio Zuno

Na amostra do violão Fábio Zuno, se compararmos ao violão Rozini, notamos uma quantidade consideravelmente menor de frequências estranhas à serie harmônica de G3 sendo

elas apenas E3 e o A3, porém é possível visualizar muito ruído na cor azul ao fundo das frequências a serem analisadas. Novamente essas aparecem de forma muito tênue, o que não interfere na confiabilidade das amostras.

Figura 48 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota G3



Fonte: Elaboração do autor

A (F) Fundamental (G3) referente ao violão Fábio Zuno, se apresenta com um *attack* na cor amarelo (*forte*) com intensidade de -19dB, seu *decay* é muito rápido durando apenas 2,670 segundos e sua intensidade final é de -51,5dB. Já o 1º harmônico mostra-se estável por praticamente toda a amostra, seu *attack* se apresenta na cor azul (*piano*) com intensidade de -24dB, porém, nota-se que o mesmo ganha intensidade atingindo uma cor de transição entre vermelho e amarelo mantendo-se assim até próximo do fim da amostra, onde começa a oscilar entre a cor de transição e a cor azul (*piano*), onde seu *decay* é constante e dura 7,825 segundos e sua intensidade final é de -54dB. 2º harmônico se apresenta na cor azul (*piano*) com seu *attack* em -26,5dB, seu *decay* é um pouco mais rápido se comparado com o primeiro harmônico durando cerca de 5,038 segundos e sua intensidade final é de -54dB.

De forma menos visível temos: 3º (G5) e 5º (D6) harmônicos. O 3º harmônico tem seu *attack* em -31dB, um rápido *decay* durando apenas 1,578 segundos e sua intensidade final foi considerada indefinida ficando entre -50 e -43dB. O 5º harmônico se apresenta com *attack* em -32dB, possui um *decay* de apenas 0,557 segundos e sua intensidade final também foi considerada indefinida ficando entre -42 e -35dB.

Nesta amostra ainda ocorreu outra exceção em que o 6º (F6) e 7º (G6) harmônicos são visíveis no espectrograma, mas sua intensidade inicial e final são indefinidas. O 6º harmônico tem duração de 0,673 segundos e o 7º harmônico de 0,510 segundos. Por não ser possível identificar suas intensidades os mesmos não entraram nos gráficos e nas considerações.

A partir destas análises temos a seguinte série harmônica: Fundamental (G3), 1º (G4), 2º (D5), 3º (G5) e 5º (D6).

Figura 49 - Série harmônica da nota G3 - violão F. Zuno em sequência de intensidades

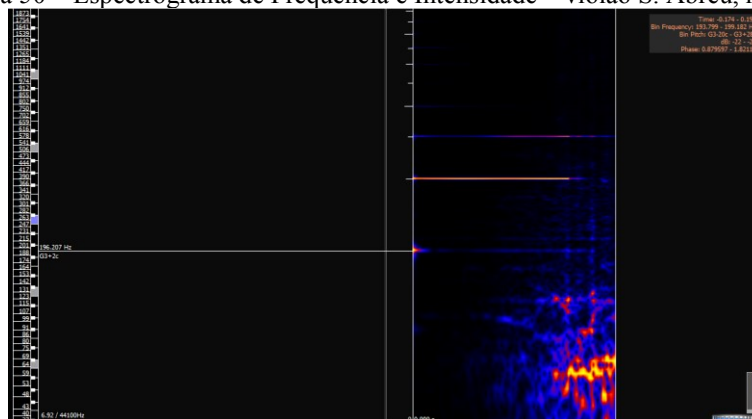


Fonte: Elaboração do autor

5.4.3 Violão Sérgio Abreu

Na amostra referente ao violão Sérgio Abreu notamos uma quantidade muito pequena de frequências externas à série harmônica, visivelmente temos as frequências de A3 e B3 de forma muito tênue. Nota-se também que o agrupamento de interferências presente nas amostras tem uma intensidade diferente se comparado ao violão Fábio Zuno.

Figura 50 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota G3



Fonte: Elaboração do autor

A fundamental possui apenas o *attack* na cor amarelo (*forte*) com intensidade de -21,5dB, nota-se que a uma inconstância na linha de frequência onde a fundamental desaparece por alguns milésimos de segundo, mas depois volta a ressoar. Seu *decay* total, desconsiderando o período em que a frequência não é visível, é de 6,315 segundos e sua intensidade final é de -54dB. O 1° harmônico mostra-se estável por toda amostra, seu *attack* se apresenta com -21,5dB, mas ganha intensidade ficando visível por praticamente toda amostra, seu *decay* dura cerca de 6,664 segundos e sua intensidade final é de -54dB. O 2° harmônico tem seu *attack* na cor azul (*piano*) com intensidade de -25,5dB, porém, por volta de 3,250 segundos ganha intensidade e oscila entre as cores azul (*piano*) e vermelho (*mezzo forte*) até o fim da amostra, seu *decay* total é de 6,896 segundos e sua intensidade final é de -52dB.

De forma menos visível, ainda respeitando a ordem das intensidades, temos o 3° (G5), 5° (D6) e 6° (F6) harmônios. O 3° harmônico tem o *attack* em -35db, seu *decay* dura 1,578

segundos e sua intensidade final foi inconclusiva ficando entre -68 e -60dB. O 5º harmônico possui o *attack* em -31,5dB, durando 1,811 segundos e com sua intensidade final também inconclusiva entre -58 e -40dB. E por fim, temos o 6º harmônico com seu *attack* em -38dB durando aproximadamente 1,323 segundos e com intensidade final entre -69 e -58dB.

Resultando na seguinte série harmônica, (F) Fundamental (G3), 1º (G4), 2º (D5), 3º (G5), 5º (D6) e 6º (F6).

Figura 51 – Série harmônica da nota G3, violão S. Abreu em sequência de intensidades

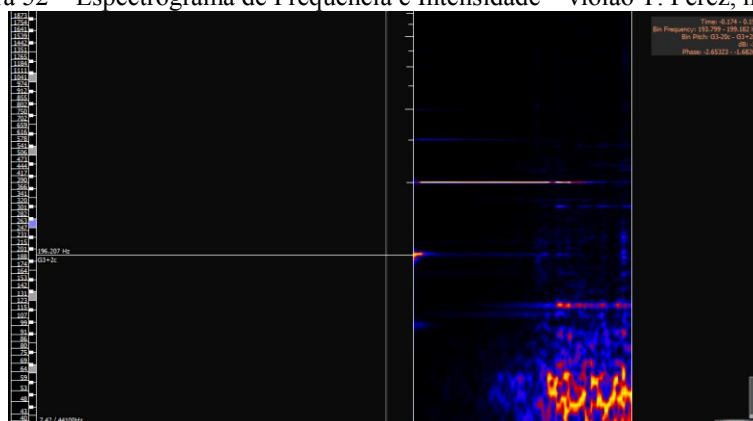


Fonte: Elaboração do autor

5.4.4 Violão Teodoro Perez

Nesta amostra encontramos uma serie grande de frequências estranhas a série harmônica de G3 muito similar ao que ocorreu no violão Rozini, talvez pelo mesmo problema de não haver isolamento e tratamento acústico necessário na sala onde foi realizado a coleta das amostras de áudio. Desta forma temos as seguintes frequências estranhas: G2, B2, A2, E3, A3, D#4 e E4. Essas frequências presentes não interferem na análise principal, onde as mesmas aparecem de forma muito tênue misturadas a ruídos.

Figura 52 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota A2



Fonte: Elaboração do autor

A (F) fundamental (G3) tem um *attack* na cor amarelo (*forte*) com intensidade de -19dB e seu *decay* é de 6,037 segundos, porém, próximo do fim a linha de frequência se começa a granular e se mistura com os ruídos, onde sua intensidade final é de -55dB. O 1º harmônico

(G4) seu *attack* na cor azul (*piano*) com intensidade de -23dB, mas ganha intensidade chegando a cor amarela (*forte*), seu *decay* é constante durando cerca de 7,383 segundos e sua intensidade final é de -52dB. O 2º harmônico tem seu *attack* na cor azul (*piano*) e se mantém assim até o fim de sua duração, sua intensidade inicial é de -28,5dB e seu *decay* é de 4,992 segundos terminando com -58,5dB.

De forma menos visível temos o 3º harmônico (G5), que se apresenta com *attack* em -31dB, seu *decay* é de 1,718 segundos e sua intensidade final é de -43,5dB.

Desta maneira obtemos a seguinte série harmônica pertencente a nota G3 do violão Teodoro Perez: (F) fundamental (G3), 1º (G4), 2º (D5) e 3º (G5).

Figura 53– Série harmônica da nota G3, violão T. Perez em sequência de intensidades



5.5 Segunda corda: nota B3 com sonoridade natural

Aqui apresentaremos a análise das amostras de áudio da nota B3, com a intensidade *Mezzo forte* e timbre considerado natural. Para facilitar a análise será considerada a serie harmônica de B3 da seguinte forma: (F) Fundamental (B3), 1º(B4), 2º(F#5), 3º(B5), 4º(D#6), 5º(F#6), 6º(A6), 7º(B6), 8º(C#7), 9º(D#7), 10º(F7), 11º(F#7), 12º(G#7), 13º(A#7), 14º(B7), 15º(C#8), 16º(D#8).

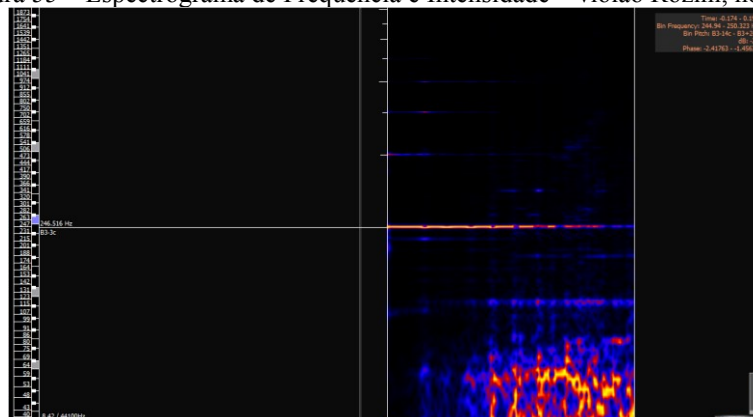
Figura 54 – Série harmônica B3



5.5.1 Violão Rozini

Nota-se que quanto mais aguda é a amostra, mais ruído e interferência é perceptível e não foi diferente na amostra da nota B3 do violão Rozini. Aqui se verifica a ocorrência de muitos vazamentos sonoros e várias frequências estranhas à série harmônica. Porém, mesmo com todas as interferências é possível fazer a análise dos harmônicos pertencentes à nota B3.

Figura 55 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota B3



Fonte: Elaboração do autor

A fundamental é nitidamente mais intensa que os harmônicos presentes na amostra, porém, há vários momentos de oscilação, acontecendo aos 1,277 segundos, depois aos 2,856 segundos e após os 3,552 segundos, as oscilações são constantes até o fim da amostra. Seu *attack* tem -24dB de intensidade, com um *decay* que dura todo o tempo da amostra com 8,405 segundos e sua intensidade final é de aproximadamente 48,5 segundos.

O 1º harmônico tem um *attack* na cor vermelha (*mezzo forte*) com intensidade de -27dB, decaindo para a cor azul (*piano*) e chegando a desaparecer da linha de frequência em vários momentos. Seu *decay* total é de 5,688 segundos e sua intensidade final é indefinida entre -57dB e -53dB. O 2º harmônico tem um *attack* em -31,5dB, com pico de intensidade na cor vermelha (*mezzo forte*) por volta de 1,184 segundos, seu *decay* tem duração de 3,691 segundos e sua intensidade final é de -62dB.

Nessa análise desconsideramos a linha do 3º harmônico que se apresenta de maneira quase invisível se comparado com o restante dos harmônicos, tanto o *attack* quanto a intensidade final do harmônico são inconclusivos. Ele começa a ressoar por volta de 0,789 segundos e desaparece novamente com 5,131 segundos. O 4º harmônico se apresenta com seu *attack* em -50dB, possui um *decay* de apenas 1,602 segundos e sua intensidade final é inconclusiva ficando entre -68dB e -64dB.

Como resultado da análise temos a seguinte série harmônica, (F) Fundamental (B3) 1º(B4), 2º(F#5) e 4º(D#6).

Figura 56 – Série harmônica da nota B3, violão Rozini em sequência de intensidades

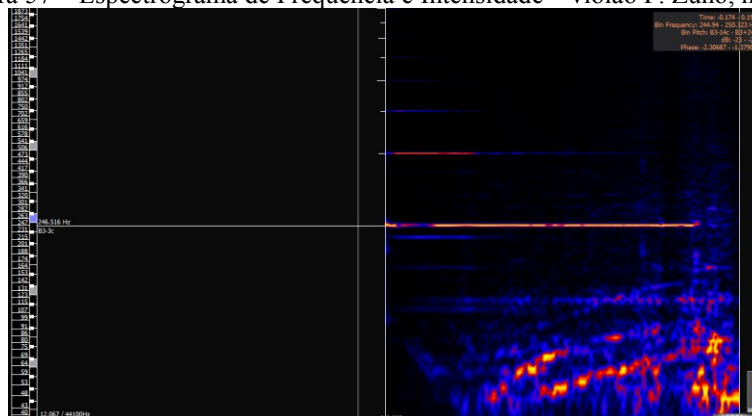


Fonte: Elaboração do autor

5.5.2 Violão Fábio Zuno

Como na amostra referente do violão Rozini, vemos aqui uma grande quantidade de frequências que não pertencem a nota B3. No violão Fábio Zuno podemos ver de forma mais nítida frequências como o A2, B2, E3 e A3. Algumas dessas frequências se misturam com os ruídos se apresentando de forma granulada e com intensidades diferentes.

Figura 57 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota B3



Fonte: Elaboração do autor

A fundamental se apresenta com bastante intensidade na cor amarela (*forte*) com 22,5dB, mas oscila em dois momentos: o primeiro deles aos 0,417 segundos e o segundo ocorre com uma série de oscilações que vai de 4,969 segundos até 6,780 segundos. Seu *decay* total é de 10,750 segundos e sua intensidade final é de -50,5dB.

O 1° (B4) harmônico tem seu início na cor azul (*piano*) com -28,5dB, ganhando intensidade até atingir uma cor que se mistura entre o amarelo e o vermelho e ao fim de sua duração granula desaparecendo e voltando a ressoar por vários momentos. Seu *decay* total é de 9,566 segundos e sua intensidade final é de -55dB.

De forma menos visível temos os 2°, 3° e 4° harmônicos. O 2° harmônico tem seu *attack* com -30dB, com um *decay* de 3,436 segundos e sua intensidade final é inconclusiva ficando entre -55dB e -50dB. O 3° harmônico possui seu *attack* com -39dB de intensidade, seu *decay* dura aproximadamente 2,623 segundos e sua intensidade final é inconclusiva entre -67dB e -63dB. O 4° harmônico se apresenta com seu *attack* em -44,5dB de intensidade durando 1,555 segundos e sua intensidade final também é inconclusiva ficando entre -69dB e -63dB.

Nesta amostra também temos uma frequência que se mostrou inconclusiva tanto em seu *attack* quanto na sua intensidade final de forma que só podemos medir a sua duração que é de 0,975 segundos.

E como resultante, construímos a série harmônica da seguinte maneira, respeitando a sequência das intensidades em que se apresentam seus *attacks*: (F) fundamental (B3), 1° (B4), 2° (F#5), 3° (B5), 4° (D#6).

Figura 58 – Série harmônica B3 Violão F. Zuno em sequência de intensidades

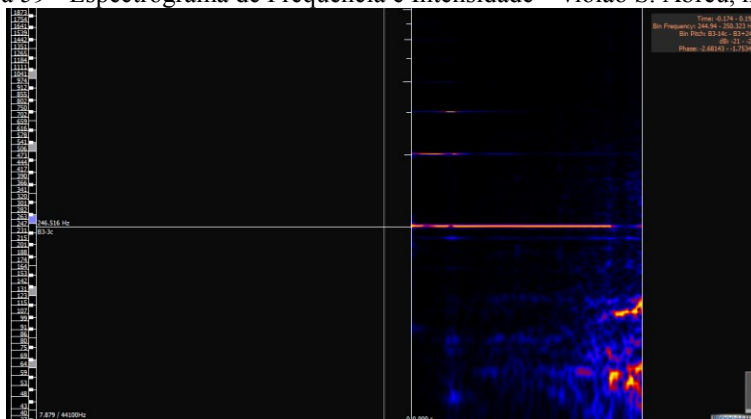


Fonte: Elaboração do autor

5.5.3 Violão Sérgio Abreu

Diferente de todas as outras amostras coletadas, a nota B3 do violão Sérgio Abreu possui menos frequências estranhas a nota B3, porém é possível notar muito ruído na captação. Nota-se a frequência de 220.653Hz que se refere aproximadamente a nota A3 ressoando por todo tempo da amostra.

Figura 59 - Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota B3



Fonte: Elaboração do autor

A (F) fundamental (B3) como todas as amostras anteriores é mais intensa com -20dB em seu *attack*, porém, a mesma possui duas oscilações na intensidade para a cor vermelha sendo a primeira aos 0.464 segundos e a segunda aos 1.328 segundos, voltando para cor amarela e mantendo-se assim até os 6.873 segundos e a partir deste ponto, decai para cor azul e se extingue. A duração total de seu *decay* é de 7,871 segundos e sua intensidade final é de -48,5dB. O 1° (B4) harmônico tem um breve início em amarelo, com intensidade de -23dB, mas oscila em vários momentos entre as cores azul e amarelo, chegando a desaparecer em vários momentos da amostra, seu *decay* total é de 7,848 segundos e sua intensidade final é de 58,5dB.

De forma menos visível temos o 2° (F#5) e o 3° (B5) harmônicos, destes o 2° harmônico tem seu *attack* na cor azul (*piano*) com intensidade de -28,5dB e possui apenas um pico de intensidade por volta de 1,160 segundos, seu *decay* total é de 4,527 segundos e sua intensidade final é inconclusiva entre -61 e -51dB. Aqui temos uma pequena incoerência em relação a análise do espectrograma, visualmente temos a linha do 5° harmônico mais visível que a linha de frequência do 3° harmônico, porém diferente do que se pensa, os dados do 3° harmônico são mais exatos enquanto os do 5° harmônico são inconclusivos. O 3° harmônico possui seu *attack* com -33,5dB, seu *decay* total é de 1,671 segundos e sua intensidade final fica entre -55 e -45dB. O 5° harmônico tem seu *attack* e sua intensidade final inconclusiva e seu *decay* é de 1,602 segundos.

A partir destes dados construímos a série harmônica pertencente a amostra B3 do violão Sérgio abreu da seguinte forma: (F) fundamental (B3), 1° (B4), 2° (F#5), 3° (B5)

Figura 60 – Série harmônica B3 Violão S. Abreu em sequência de intensidades

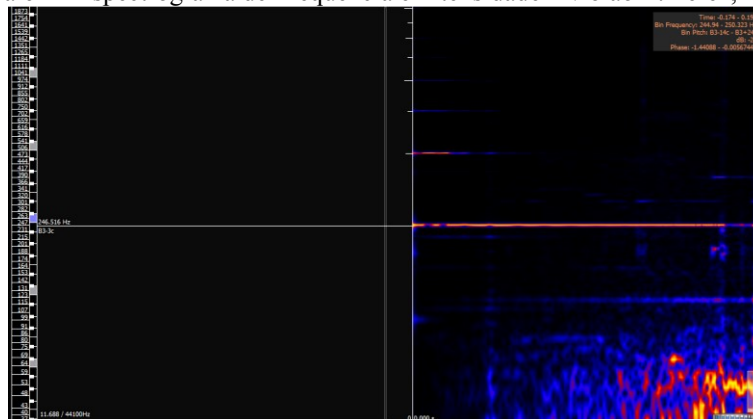


Fonte: Elaboração do autor

5.5.4 Violão Teodoro Perez

Na amostra da nota B3 do violão Teodoro Perez também encontramos a mesma sequência de harmônicos que não pertencem a série harmônica de B3 presente no violão Fábio Zuno, dentre elas o A2, B2, E3 e A3, porém, se apresentam de forma menos intensas, tornando a visualização dos harmônicos pertencentes a nota em questão, fáceis de serem visualizados. Isso abre um questionamento se essas frequências são realmente “interferência” ou ressonâncias que pertencem e caracterizam o som do instrumento.

Figura 61 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota B3



Fonte: Elaboração do autor

A fundamental se apresenta na cor amarela (*forte*) com seu *attack* em -24dB, porém como no violão Sérgio Abreu, essa tem duas oscilações logo no início, depois se mantém estável por praticamente toda amostra, granulando na cor vermelha apenas ao fim da amostra. Seu *decay* total é de 11,679 segundos e sua intensidade ao fim da amostra é de -46,5dB. O 1º harmônico tem o *attack* em -25,5dB na cor vermelha (*mezzo forte*), com menor intensidade que a fundamental, se mostra instável desde o início com várias oscilações, seu *decay* é de 4,179 segundos e sua intensidade final tem -54dB.

De forma menos visível temos o 2º (F#5), 3º (B5) e 4º (D#6) harmônicos, novamente o 5º harmônico é visível, porém com os dados inconclusivos. O 2º harmônico tem seu *attack* na cor azul (*piano*) com -30,5dB, seu *decay* é de cerca de 3,018 segundos e sua intensidade final é inconclusiva entre -56dB e -50dB. O 3º harmônico tem seu *attack* com -34,5dB, durando 2,577 segundos e com intensidade final entre -58dB e -48dB. O 4º harmônico se apresenta com -39,5dB em seu *attack*, seu *decay* é rápido durando 1,486 segundos e sua intensidade final também é inconclusiva ficando entre -75 e -61dB.

Formando dessa maneira a seguinte série harmônica: (F) fundamental (B3), 1º (B4), 2º (F#5), 3º (B5), 4º (D#6).

Figura 62 – Série harmônica B3 Violão T. Perez em sequência de intensidades

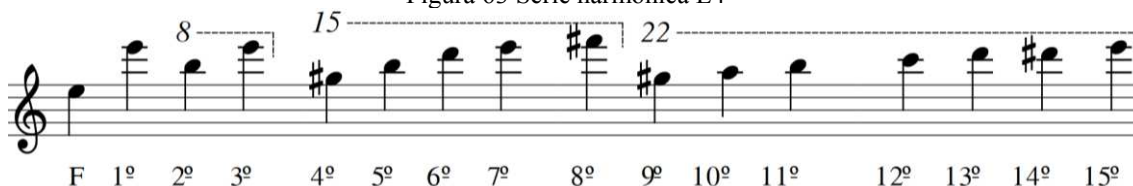


Fonte: Elaboração do autor

5.6 Primeira corda: nota E4 com sonoridade natural

Apresenta-se a seguir a análise das amostras de áudio da nota E4, com a intensidade *Mezzo-forte* e timbre natural. Para facilitar a análise será considerado a serie harmônica da nota E4 da seguinte forma: (F) Fundamental (E4), 1º (E5), 2º (B5), 3º (E6), 4º (G#6), 5º (B6), 6º (D7), 7º (E7), 8º (F#7), 9º (G#7), 10º (A7), 11º (B7), 12º (C8), 13º (D8), 14º (D#8), 15º (E8).

Figura 63 Série harmônica E4

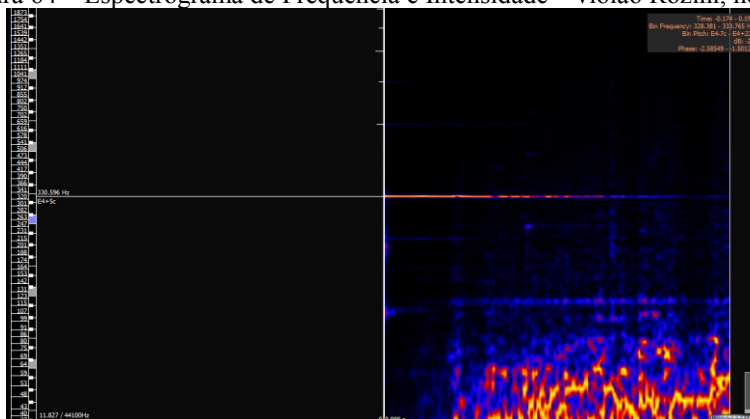


Fonte: Elaboração do autor

5.6.1 Violão Rozini

Na amostra referente a nota E4 do violão Rozini, nota-se algumas frequências que não pertencem à série harmônica sendo elas o A2 e A3 possivelmente por falta de abafamento da corda A2 que vibrou por ressonância. Posteriormente podemos notar a ressonância de uma frequência pertencente a nota B2, lembrando que a nota B faz parte da série harmônica, mas somente a partir do B5, e vários ruídos indefinidos entre as frequências da análise principal.

Figura 64 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão Rozini, nota E4



Fonte: Elaboração do autor

Nota-se nesta amostra apenas a (F) fundamental (E4) de forma mais visível, porém, instável a partir dos 3.738s, apresentando granulações e decréscimo de intensidade para as cores vermelha e azul até o fim da amostra. A intensidade de seu *attack* é de -28dB, com *decay* total de 11,795 segundos, e finalizando com intensidade de -49dB.

De forma menos visível temos os harmônicos: 1º (E5) e 2º (B5), onde o primeiro harmônico tem seu *attack* em -36,5dB, com *decay* durando 7,732 segundos e finalizando com -55dB. O 2º harmônico se apresenta com *attack* em -37dB, com *decay* total de 1,718 segundos e sua intensidade final é indefinida. Ainda é possível visualizar o 3º harmônico, porém, com a intensidade do *attack* e final indefinidas, com duração total de 0,882 segundos, fazendo que este não entre nas considerações das análises.

Resultando assim na seguinte série harmônica: (F) Fundamental (E4), 1º (E5), 2º (B5).

Figura 65 – Série harmônica E4 violão Rozini em sequência de intensidades

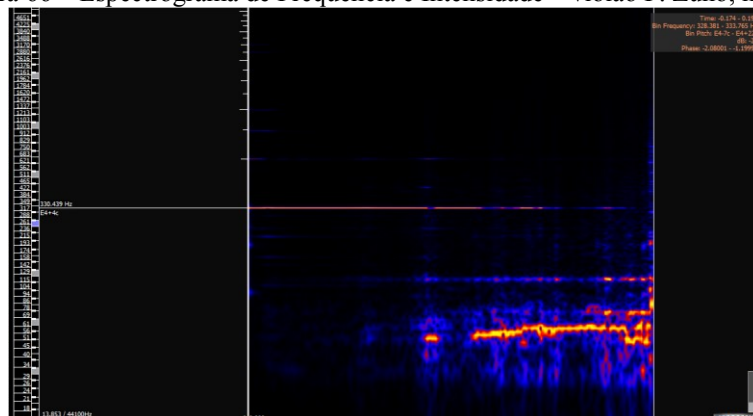


Fonte: Elaboração do autor.

5.6.2 Violão Fabio Zuno

Na amostra referente a nota E4 do violão Fábio Zuno verifica-se várias frequências não pertencentes a série harmônica todas elas em lugares distintos com durações e intensidades muito pequenas para serem analisadas de forma precisa.

Figura 66 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão F. Zuno, nota E4



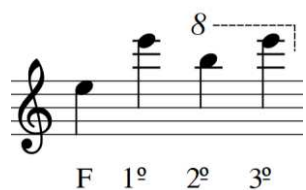
Fonte: Elaboração do Autor

A fundamental desta amostra possui várias oscilações de intensidade, a primeira delas acontece aos 6,153 segundos decaindo da cor amarela (*forte*) para cor azul (*piano*) e posteriormente aos 8,034 segundos apresenta diversas oscilações até o fim da amostragem. Seu *attack* tem intensidade de -25dB com *decay* total de 12,817 segundos e sua intensidade final é de -49dB.

De forma menos visível temos em sequência de intensidades os harmônicos 1º (E5), 2º (B5), 3º (E6). O primeiro harmônico tem o *attack* em -31,5dB, seu *decay* total é de 8,9625 segundos e sua intensidade final mostra-se indefinida entre -62dB e -54dB. O 2º harmônico se apresenta com *attack* em -32dB, sua duração é de 1,114 segundos e sua intensidade final é indefinida oscilando entre -65dB e -42dB. O 3º harmônico tem o *attack* em -32,5dB, seu *decay* é de apenas 0,998 segundos e sua intensidade final também é indefinida entre -60dB e -37dB. Podemos visualizar também o 8º e 9º harmônico, porém, com intensidade tão baixa que não foi possível pelo software serem analisados.

Resultando assim em ordem de intensidade na seguinte série harmônica: (F) Fundamental (E4), 1º (E5), 2º (B5), 3º (E6).

Figura 67 – Série harmônica B3 Violão F. Zuno em sequência de intensidades

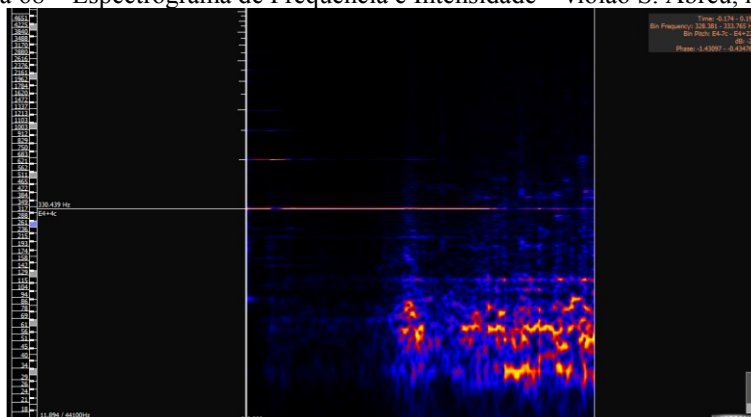


Fonte: Elaboração do Autor

5.6.3 Violão Sérgio Abreu

Na amostra referente ao violão Sérgio Abreu podemos notar que as frequências não pertencentes a série harmônica, se apresentam de maneira similar em lugares e com intensidades distintas.

Figura 68 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão S. Abreu, nota E4



Fonte: Elaboração do autor

Na amostra do violão Sérgio Abreu a (F) fundamental (E4) possui o *attack* na cor amarela (*forte*) com intensidade de -27dB, porém, aos 0,882 segundos acontece uma oscilação para a cor azul (*piano*), e posteriormente aos 8,452 segundos as oscilações são frequentes até o fim da amostra. Seu *decay* total é de 11,888 segundos e sua intensidade final é de -53dB.

De forma menos visível temos os harmônicos 1º (E5), 2º (B5), 3º (E6). O 1º harmônico tem o *attack* em 32,5dB, e aos 0,278 segundos ganha intensidade, seu *decay* é de 6,106 segundos e sua intensidade final é indefinida ficando entre -58dB e -51dB. O 2º harmônico se apresenta com *attack* em -31dB, o *decay* é de 1,671 segundos e sua intensidade final é indefinida entre -50dB e -38dB. Por fim o 3º harmônico inicia-se com *attack* em -32,5dB, seu *decay* é de apenas 1,253 segundos e a intensidade final também é indefinida, oscilando entre -60dB e -39dB. Aqui novamente podemos ver de forma muito tênue dois harmônicos, sendo eles o 6º e 7º harmônicos, porém, os dados aparecem indefinidos pelo software.

Desta forma temos a seguinte série harmônica: (F) fundamental (E4), 1º (E5), 2º (B5), 3º (E6).

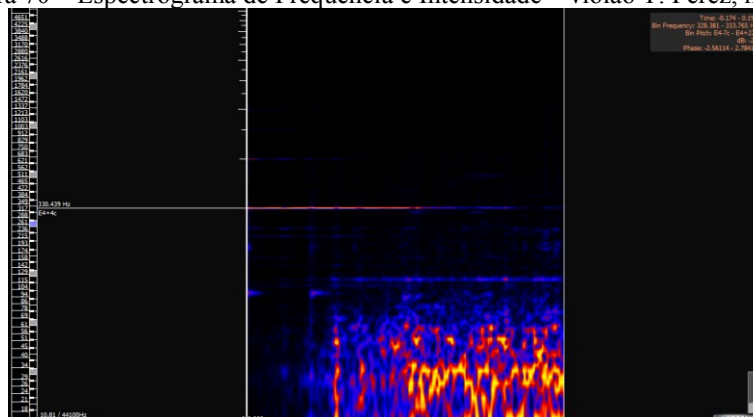
Figura 69 – Série harmônica B3 Violão S. Abreu em sequência de intensidades



5.6.4 Violão Teodoro Perez

Na amostra da nota E4 do violão Teodoro Perez temos o mesmo padrão de frequência que não pertencem série harmônica encontrada em todos os outros três violões já analisados. As interferências da nota E4 aparecem sempre na parte mais grave da amostra.

Figura 70 – Espectrograma de Frequência e Intensidade – violão T. Perez, nota E4



Nesta amostra apenas a (F) fundamental (E4) é bem visível, seu *attack* se apresenta na cor amarela (*forte*) com intensidade de -25dB, aos 1,323 segundos a mesma apresenta uma oscilação que se repete em vários pontos, até chegar aos 6,013 segundos onde a mesma começa a perder intensidade até o fim da amostra. Sua duração total é de 10,797 segundos e sua intensidade ao final é de -49,5dB.

De forma menos visível temos ainda o 1º (E5) e 2º harmônicos (B5). O 1º harmônico se apresenta com *attack* em -30dB, sua duração total é de apenas 3,622 segundos e a intensidade final é indefinida oscilando entre -63dB e -50dB. O 2º harmônico tem o *attack* em -37dB, seu *decay* total é de 1,787 segundos e a intensidade final também é indefinida oscilando entre

-74dB e -55dB. Podemos ver também nessa amostra uma frequência que não pode ser analisada pelo software sendo ela pertencente ao 3º harmônico, todos os seus dados são inconclusivos.

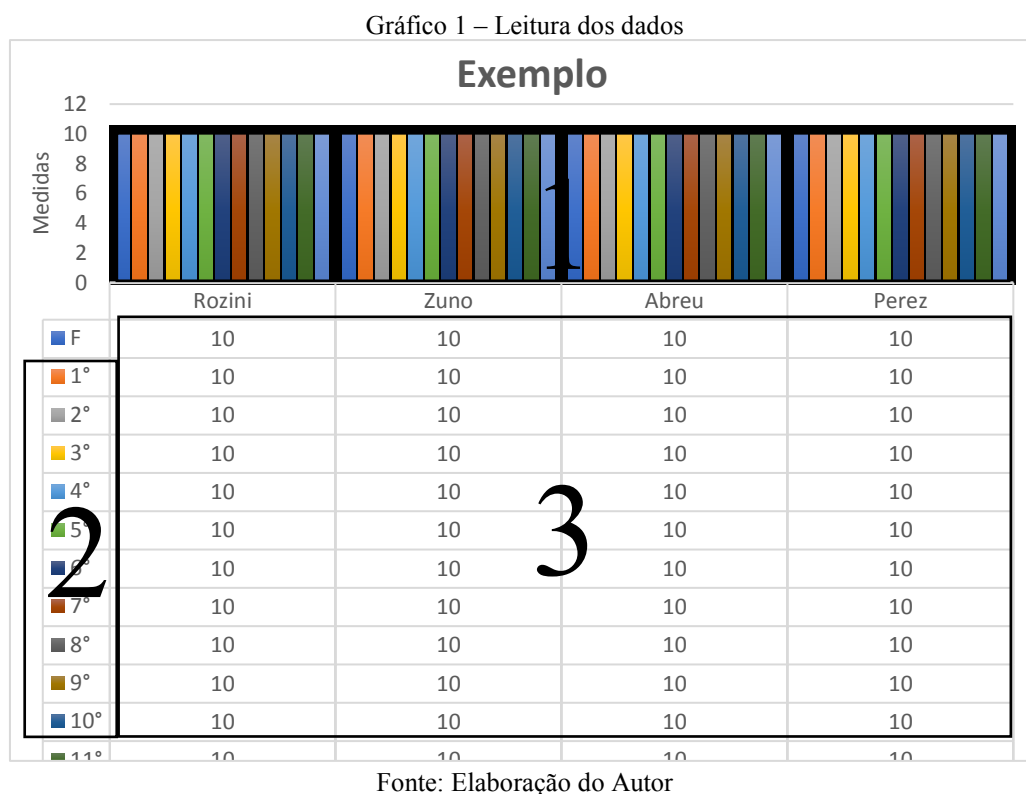
Desta forma chegamos a seguinte série harmônica pertencente a nota E4: (F) fundamental (E4), 1º (E5), 2º (B5).

Figura 71 – Série harmônica B3 Violão T. Perez em sequência de intensidades



6. Análises Comparativas

Neste capítulo comparamos os dados coletados em todas as análises individuais, de forma que possa ficar claro quais diferenças realmente existem entre os violões selecionados para a pesquisa. Para que possamos compreender melhor os dados, segue abaixo um gráfico explicativo de como fazer a leitura dos dados.



No quadro demarcado com o número um temos o campo onde serão demarcadas as barras com os dados de intensidade²⁹ ou duração³⁰ de forma visual, ao clicar em qualquer uma das barras de dados, respectivamente será selecionado nos outros violões a mesma barra facilitando assim a visualização dos harmônicos igualmente presente nas amostras. As cores que aparecem no campo de número 1 são referentes a qual lugar os harmônicos pertencem a série harmônica, como melhor representado no campo de número 2 onde temos: **Fundamental**, **1° harmônico**, **2° harmônico**, **3° harmônico**, **4° harmônico** e desta forma até o fim da série. No

²⁹ Quantidade de energia sonora irradiada por unidade de área, e que é medida em watts/cm² (a intensidade é percebida como volume de som). No limiar da audição, a intensidade sonora é cerca de 1×10^{-12} watts/cm².

³⁰ Por falta de um ambiente totalmente controlado disponível na universidade, optamos por utilizar a sala Camargo Guarnieri ambiente de coleta das amostras de áudio. Em decorrência de sua falta de isolamento e tratamento acústico, captamos muitos ruídos e interferências externas nas gravações, por estes fatores os cortes foram realizados em função de minimizar as intercorrências na amostra, o que pode resultar em incoerências na duração real do som dos instrumentos com a duração utilizada na amostra.

campo de número 3 temos os dados numéricos referentes à intensidade ou duração dos seus respectivos harmônicos.

6.1.1 Análise comparativa da nota E2

Para analisar as amostras de áudio da nota E2 foram elaborados dois quadros representados abaixo. O primeiro deles mostra a quantidade de harmônicos presentes nas amostras e o segundo em qual sequência os mesmos se apresentam.

Quadro 2 – Harmônicos presentes nas amostras da nota E2

Harmônico / Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
(F) E2	X	X	X	X
1° (E3)	X	X	X	X
2° (B3)	X	X	X	X
3° (E4)	X	X	X	X
4° (G#4)	X	X	X	X
5° (B4)	X	X	X	X
6° (D5)	X	X	X	X
7° (E5)		X	X	X
8° (F#5)		X	X	X

Fonte: Elaboração do autor

Quadro 3 – Harmônicos presentes nas amostras da nota E2 em sequência de intensidades

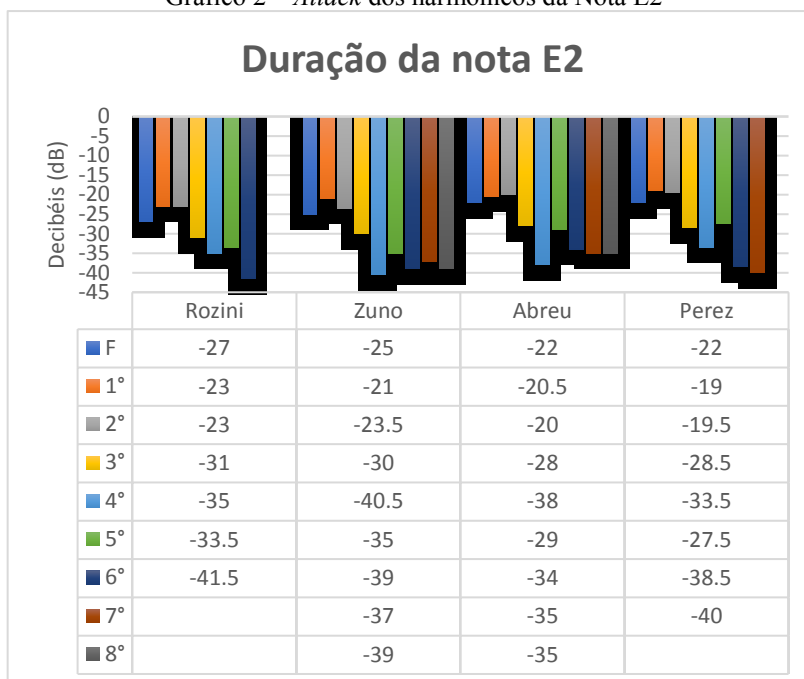
Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
Harmônicos	1° (E3)	1° (E3)	2° (B3)	1° (E3)
	2° (B3)	2° (B3)	1° (E3)	2° (B3)
	F (E2)	F (E2)	F (E2)	F (E2)
	3° (E4)	3° (E4)	3° (E4)	3° (E4)
	5° (B4)	5° (B4)	5° (B4)	5° (B4)
	4° (G#4)	7° (E5)	6° (D5)	4° (G#4)
	6° (D5)	6° (D5)	7° (E5)	6° (D5)
		8° (F#5)	8° (F#5)	7° (E5)
		4° (G#4)	4° (G#4)	

Fonte: Elaboração do autor

A quantidade de harmônicos presentes nas primeiras amostras é igual para os violões Sérgio Abreu e Fábio Zuno ambos com a fundamental e mais oito harmônicos presentes, o violão Teodoro Perez vem logo depois com a fundamental e sete harmônicos, por último o violão Rozini com a fundamental e mais seis harmônicos presentes. A intensidade dos harmônicos é bem próxima entre os violões Teodoro Perez e Sérgio Abreu, mas a sequência é

similar entre os violões Sérgio Abreu e Fábio Zuno, Teodoro Perez e Rozini. Se considerarmos a sequência de intensidade crescente, temos Teodoro Perez, Sérgio Abreu, Fábio Zuno, Rozini.

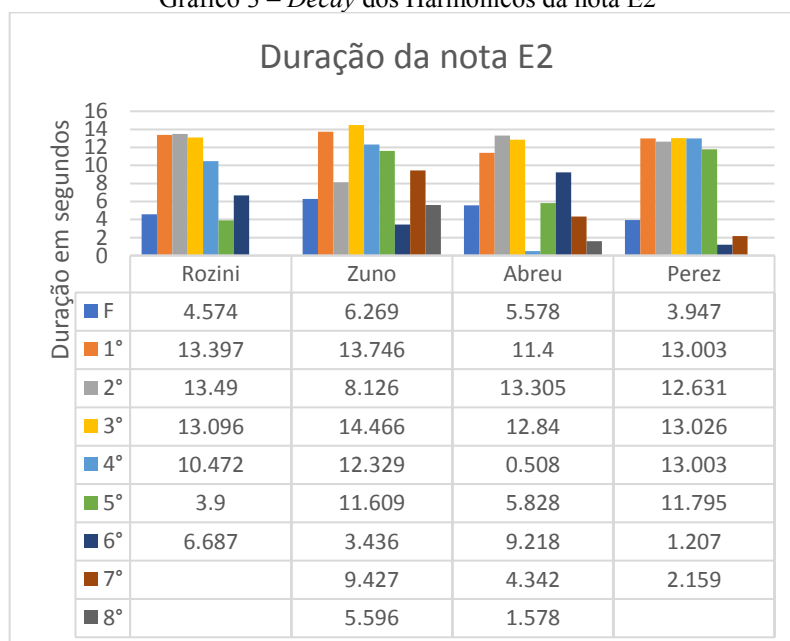
Gráfico 2 – *Attack* dos harmônicos da Nota E2



Fonte: Elaboração do Autor

Mas quando olhamos a duração dos harmônicos, a sequência passa a ser: Zuno, Rozini, Abreu, Teodoro Perez. Porém, quando analisamos o gráfico das durações, notamos que temos um maior equilíbrio no violão Teodoro Perez que em todos os outros. Este equilíbrio dá a impressão auditiva que o som se propaga por um tempo consideravelmente maior.

Gráfico 3 – *Decay* dos Harmônicos da nota E2



Fonte: Elaboração do Autor

A organização própria da série harmônica de cada instrumento caracteriza sua identidade sonora, desta maneira considera-se normais as alterações citadas

6.1.2 Análise comparativa da nota A2

Abaixo seguem dois quadros referentes a análise da quantidade e da organização dos harmônicos presentes nas amostras da nota A2 dos violões selecionados.

Quadro 4 – Harmônicos presentes na amostra A2

Harmônico / Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
(F) A2	X	X	X	X
1° (A3)	X	X	X	X
2° (E4)	X	X	X	X
3° (A4)	X	X	X	X
4° (C#5)			X	
5° (E5)				
6° (G5)		X		X

Fonte: Elaboração do autor

Quadro 5 – Harmônicos presentes nas amostras da nota A2 em sequência de intensidades

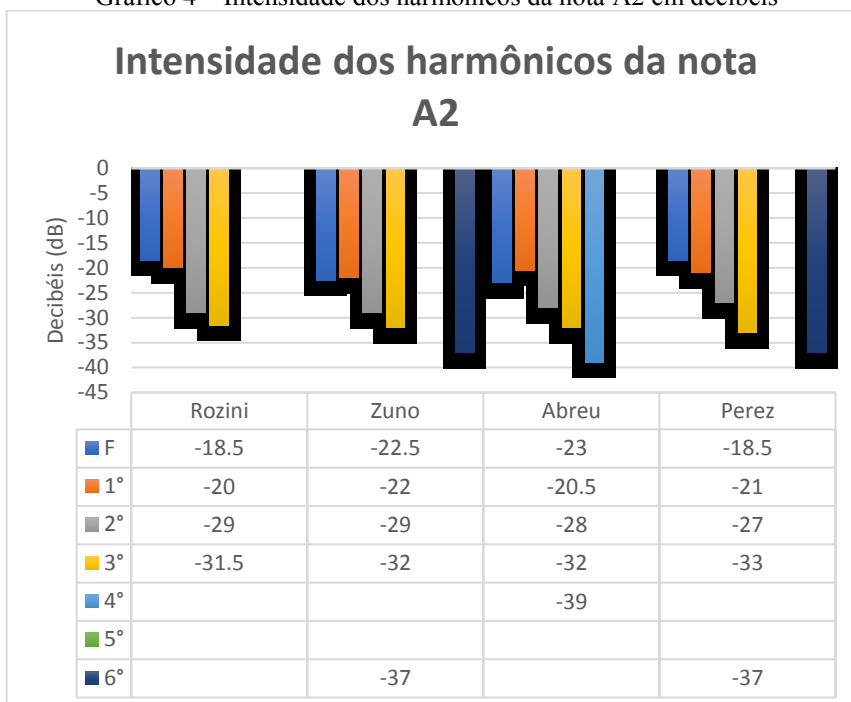
Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
Harmônicos	F (A2)	1° (A3)	1° (A3)	F (A2)
	1° (A3)	F (A2)	F (A2)	1° (A3)
	2° (E4)	2° (E4)	2° (E4)	2° (E4)
	3° (A4)	3° (A4)	3° (A4)	3° (A4)
		6° (G5)	4° (C#5)	6° (G5)

Fonte: Elaboração do autor

Diferente das amostras da nota E2, aqui os *attacks* das frequências fundamentais se apresentam de forma menos intensa, mas ganham intensidade no decorrer da amostra de forma que a fundamental sempre seja a frequência mais visível na amostra.

Através dos gráficos abaixo podemos notar similaridades na organização dos violões Teodoro Perez e Fabio zuno, e também nos violões Sérgio Abreu e Rozini, porem com pequenas variações na intensidade e organização dos harmônicos. Vale lembrar que Zuno e Perez possuem tampo em Cedro e Abreu e Rozini tampo em Abeto.

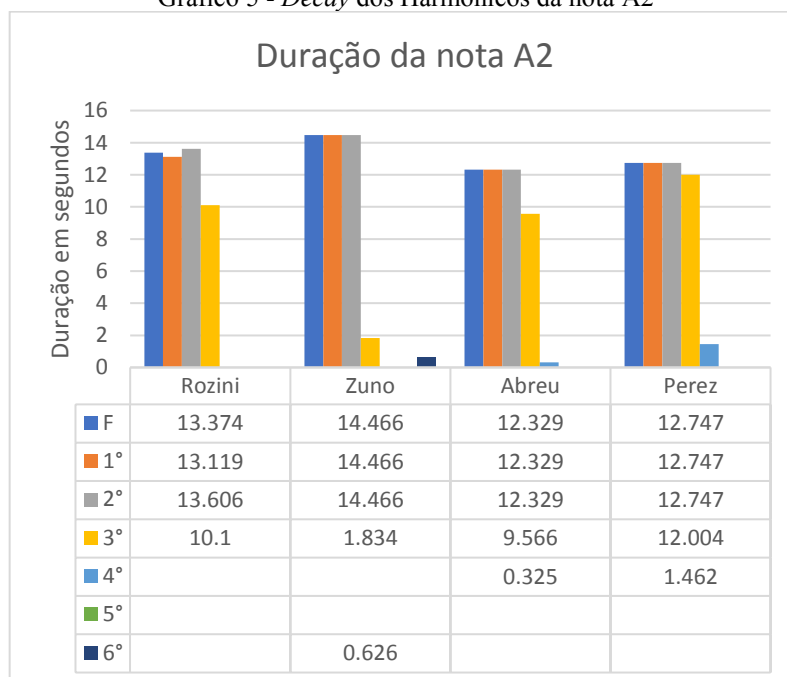
Gráfico 4 – Intensidade dos harmônicos da nota A2 em decibéis



Fonte: Elaboração do Autor

Nesta amostra quanto ao quesito duração dos harmônicos o violão Fabio Zuno passa a frente seguido dos violões Rozini, Teodoro Perez e Sergio Abreu como podemos ver no gráfico a baixo.

Gráfico 5 - Decay dos Harmônicos da nota A2



Fonte: Elaboração do Autor

6.1.3 Análise comparativa da nota D3

A baixo seguem dois quadros referentes a análise da quantidade e da organização dos harmônicos presentes nas amostras da nota D3 dos violões selecionados.

Quadro 6 – Harmônicos presentes na amostra da nota D3

Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
(F) D3	X	X	X	X
1° (D4)	X	X	X	X
2° (A4)	X	X	X	X
3° (D5)	X		X	
4° (F#5)				
5° (A5)				
6° (C6)		X	X	
7° (D6)		X	X	

Fonte: Elaboração do autor

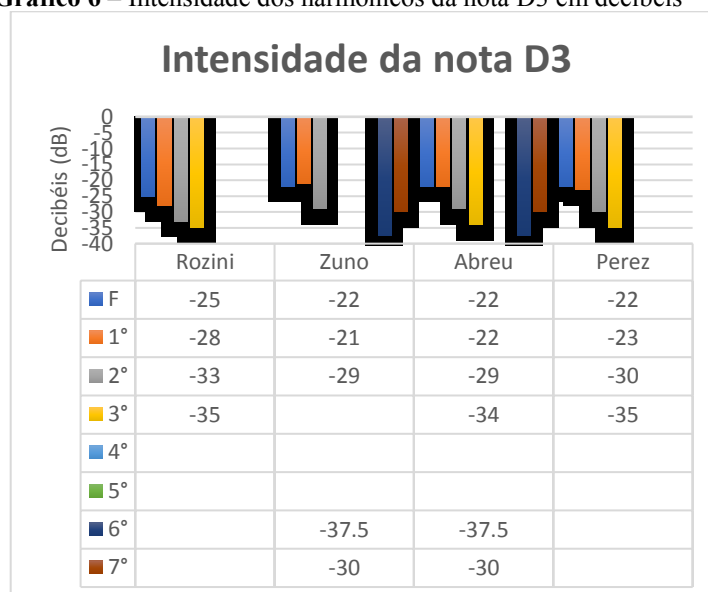
Quadro 7 – Harmônicos presentes nas amostras da nota D3 em sequência de intensidades

Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
Harmônicos	(F) D3	1° (D4)	(F) D3	(F) D3
	1° (D4)	(F) D3	1° (D4)	1° (D4)
	2° (A4)	2° (A4)	2° (A4)	2° (A4)
	3° (D5)	6° (C6)	7° (D6)	3° (D5)
		7° (D6)	3° (D5)	
			6° (C6)	

Fonte: Elaboração do autor

Nas amostras relacionadas a nota D3, diferente do que se espera, notamos uma similaridade na organização da série harmônica entre os violões Teodoro Perez e Rozini, que são respectivamente de Cedro e Abeto. Ambos com a fundamental e mais três harmônicos, porém divergindo na intensidade e duração de cada um deles.

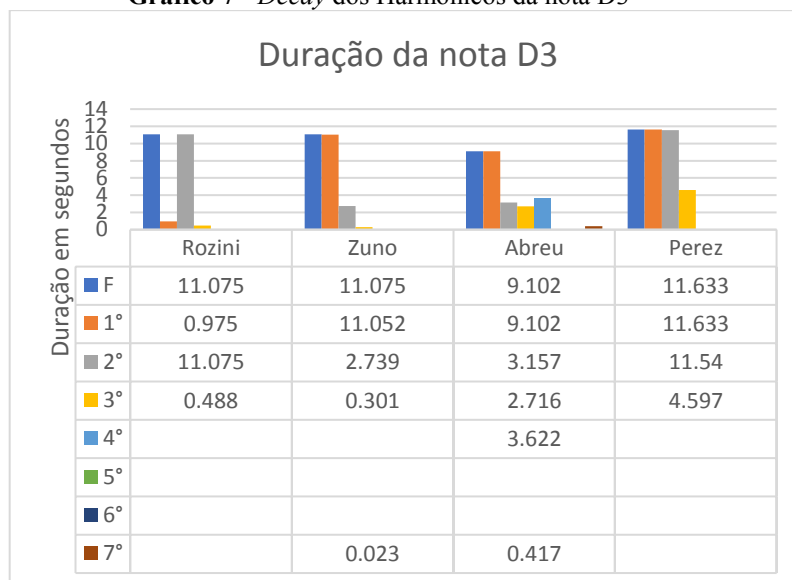
Gráfico 6 – Intensidade dos harmônicos da nota D3 em decibéis



Fonte: Elaboração do Autor

Seguindo a ordem das intensidades dos *attacks* relacionados aos harmônicos temos: o violão Sérgio Abreu com um harmônico a mais que o violão Fábio Zuno, porém a quantidade de *attacks* mais intensos é relativamente a mesma entre os dois e maior quando comparados aos outros dois violões, logo após temos o violão Teodoro Perez e por fim o violão Rozini.

Gráfico 7 - Decay dos Harmônicos da nota D3



Fonte: Elaboração do Autor

A partir do gráfico temos em sequência decrescente de durações os violões: Teodoro Perez, Fábio Zuno e Rozini com a mesma duração e por fim o violão Sergio Abreu.

Novamente notamos que as durações dos harmônicos referentes ao violão Teodoro Perez parecem mais equilibradas, quando comparamos com as outras amostras analisadas.

6.1.4 Análise comparativa da nota G3

A baixo seguem dois quadros referentes a análise da quantidade e da organização dos harmônicos presentes nas amostras da nota G3 dos violões selecionados.

Quadro 8 – Harmônicos presentes nas amostras de G3

Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
(F) G3	X	X	X	X
1° (G4)	X	X	X	X
2° (D5)	X	X	X	X
3° (G5)	X	X	X	X
4° (B5)		X		
5° (D6)			X	
6° (F6)			X	

Fonte: Elaboração do autor

Quadro 9 – Harmônicos presentes nas amostras da nota G3 em sequência de intensidades

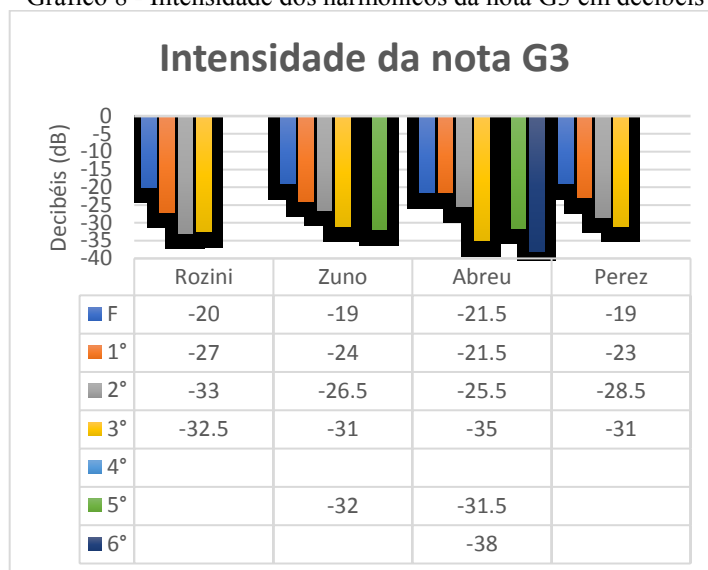
Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
Harmônicos	(F) G3	(F) G3	(F) G3	(F) G3
	1° (G4)	1° (G4)	1° (G4)	1° (G4)
	2° (D5)	2° (D5)	2° (D5)	2° (D5)
	3° (G5)	3° (G5)	5° (D6))	3° (G5)
		5° (D6)	3° (G5)	
			6° (F6)	

Fonte: Elaboração do autor

Nesta amostra o violão Sérgio Abreu aparece com a Fundamental e mais 5 harmônicos, possuindo mais harmônicos que os outros três violões selecionados. Podemos notar uma semelhança na organização da série entre os violões Fábio Zuno, Sérgio Abreu e Rozini, onde a organização de sua série harmônica é básica em fundamental, 1°, 2°, 3° harmônicos, porém no violão Fábio Zuno ainda vemos a presença do 5° harmônico.

No gráfico 8 verifica-se que se levar em consideração a sequência de intensidade dos *attacks* dos harmônicos, temos o violão Sérgio Abreu como o mais intenso e por possuir uma quantidade maior de harmônicos este leva vantagem nesse quesito em relação aos demais. Entre os violões Teodoro Perez e Fábio Zuno a intensidade foi mais equilibrada, porém, com o Violão Fábio Zuno a frente com apenas uma harmônico a mais. E por fim, o violão Rozini apresenta uma quantidade menor de harmônicos e de menor intensidade. Deixando a Sequência de intensidade da seguinte maneira: Sérgio Abreu, Fábio Zuno, Teodoro Perez, Rozini. Auditivamente notamos que neste caso todos os violões tiveram uma queda súbita na intensidade após o *attack* na corda, e no violão Sérgio Abreu esta percepção ficou mais evidente.

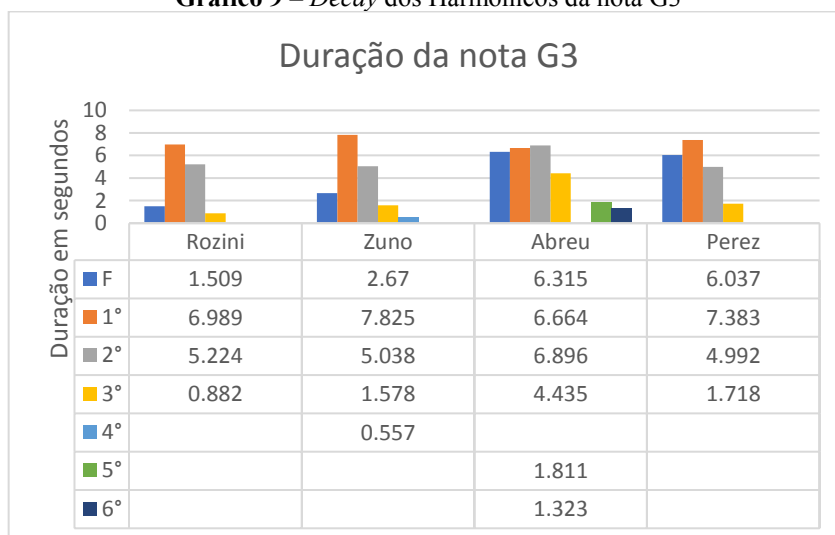
Gráfico 8 - Intensidade dos harmônicos da nota G3 em decibéis



Fonte: Elaboração do Autor

Ao considerarmos a duração da fundamental e dos harmônicos referentes a nota G3 temos o violão Fábio Zuno, Teodoro Perez, Rozini e Sérgio Abreu, mas ao analisarmos o gráfico das durações podemos notar que dos violões Sérgio Abreu e Teodoro Peres são mais duradouros que os harmônicos dos violões Fábio Zuno e Rozini

Gráfico 9 – Decay dos Harmônicos da nota G3



Fonte: Elaboração do Autor

Pela maneira que os harmônicos se comportaram nesta amostra podemos perceber que o corte realizado não influenciou de forma significativa os resultados obtidos neste momento.

6.1.5 Análise comparativa da nota B3

A baixo seguem dois quadros referentes a análise da quantidade e da organização dos harmônicos presentes nas amostras da nota B3 dos violões selecionados.

Quadro 10 – Harmônicos presentes nas amostras de B3

Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
(F) B3	X	X	X	X
1° (B4)	X	X	X	X
2° (F#5)	X	X	X	X
3° (B5)		X	X	X
4° (D#6)	X	X		X

Fonte: Elaboração do autor

Quadro 11– Harmônicos presentes nas amostras da nota B3 em sequência de intensidades

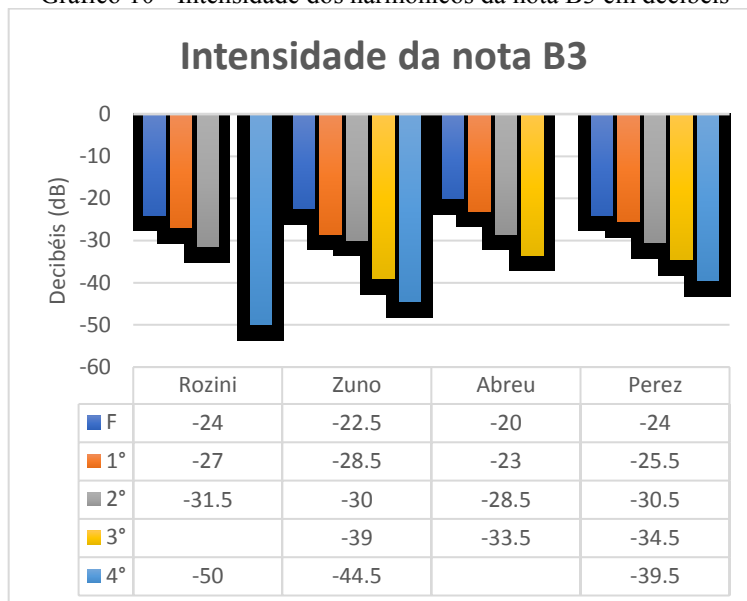
Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
Harmônicos	(F) B3	(F) B3	(F) B3	(F) B3
	1° (B4)	1° (B4)	1° (B4)	1° (B4)
	2° (F#5)	2° (F#5)	2° (F#5)	2° (F#5)
	4° (D#6)	3° (B5)	3° (B5)	3° (B5)
		4° (D#6)		4° (D#6)

Fonte: Elaboração do autor

Nesta amostra podemos ver que a organização dos violões Teodoro Perez e Fábio Zuno são iguais, outro ponto que se torna muito nítido neste momento é que as frequências que até o momento consideramos não pertencerem ao violão, podem ser ressonâncias que caracterizem o som do instrumento em questão. Nesta amostra encontramos as frequências de A2, B2, E3 e A3 em ambos os instrumentos, em amostras anteriores também encontramos similaridades de frequências que não pertencem a série, mas que estão presentes em ambos os violões. Entre o violão Rozini e o Violão Sérgio Abreu não encontramos grandes semelhanças.

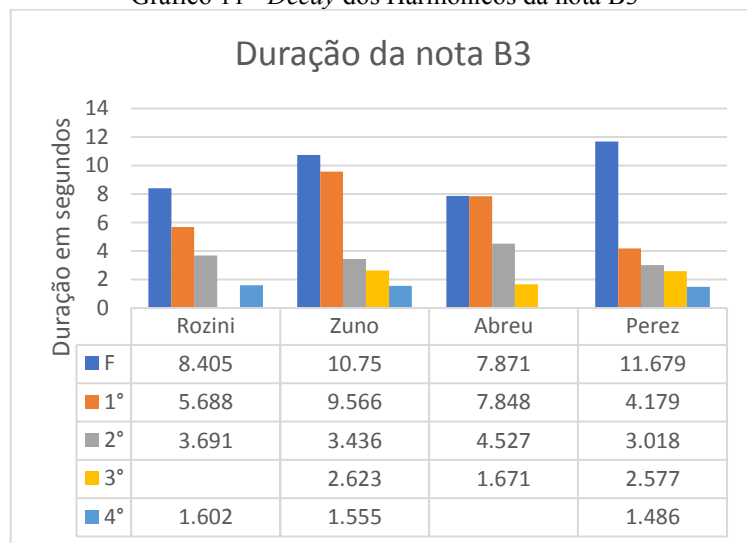
Nos gráficos 10 e 11 se observa que o Violão Sérgio Abreu apresenta maior intensidade que os demais, com seus quatro harmônicos mais intensos, seguido do violão Teodoro Perez com apenas um harmônico mais intenso que o violão Fábio Zuno e por fim o violão Rozini, com um harmônico a mais que o violão Sérgio Abreu, que também é feito de abeto, porém, a intensidade do mesmo é menor.

Gráfico 10 - Intensidade dos harmônicos da nota B3 em decibéis



Fonte: Elaboração do Autor

Quando analisamos o gráfico das durações nessa amostra temos a seguinte configuração:
Sérgio Abreu, Teodoro Perez, Fabio Zuno, Rozini.

Gráfico 11 - *Decay* dos Harmônicos da nota B3

Fonte: Elaboração do Autor

Nesta amostra podemos perceber que o corte realizado a fim de reduzir as interferências indesejadas no momento da captação do áudio parecem não prejudicar de forma significativa o resultado, nos levando a crer que a duração dos harmônicos das cordas agudas, pertencentes ao violão Teodoro Perez, são menores se comparado com as cordas graves do mesmo.

6.1.6 Análise comparativa da nota E4

Abaixo seguem dois quadros referentes a análise da quantidade e da organização dos harmônicos presentes nas amostras da nota E4 dos violões selecionados.

Quadro 12 – Harmônicos presentes nas amostras da nota E2

Harmônico / Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
(F) E4	X	X	X	X
1° (E5)	X	X	X	X
2° (B5)	X	X	X	X
3° (E6)		X	X	

Fonte: Elaboração do autor

Quadro 13 – Harmônicos presentes nas amostras da nota E2 em sequência de intensidades

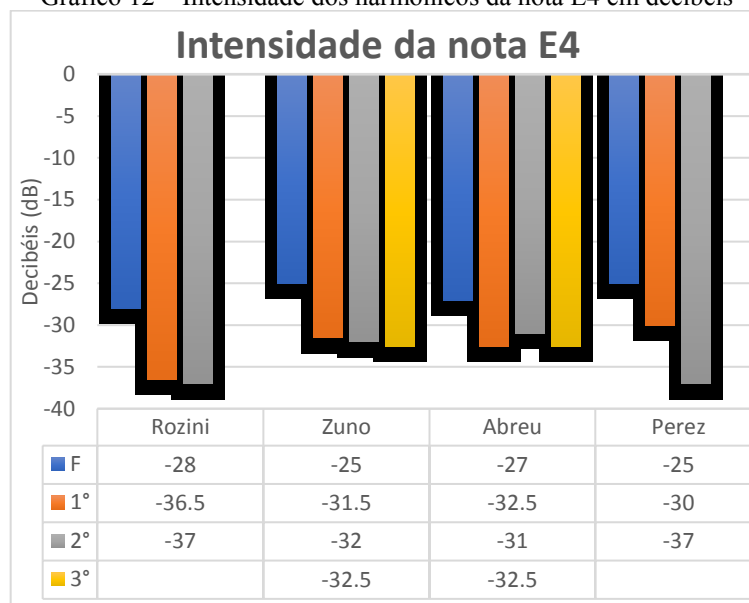
Violão	Rozini	Fábio Zuno	Sérgio Abreu	Teodoro Perez
Harmônicos	(F) E4	(F) E4	(F) E4	(F) E4
	1° (E5)	1° (E5)	1° (E5)	1° (E5)
	2° (B5)	2° (B5)	2° (B5)	2° (B5)
		3° (E6)	3° (E6)	

Fonte: Elaboração do autor

Nessa amostra é visível a menor quantidade de harmônicos presentes, podemos notar que quanto mais aguda é a amostra menos harmônicos a mesma possui. Observa-se também que a organização dos harmônicos presentes na nota E4 dos violões são muito similares,

Nos gráficos 12 e 13 se verifica que o violão Fábio Zuno possui a maior quantidade de harmônicos mais intensos, seguido do violão Sérgio Abreu, posteriormente do violão Teodoro Perez e por fim o violão Rozini.

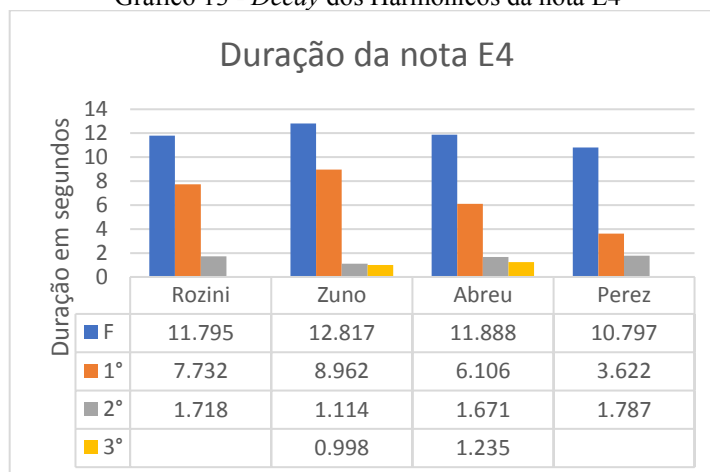
Gráfico 12 – Intensidade dos harmônicos da nota E4 em decibéis



Fonte: Elaboração do Autor

Quanto à duração dos harmônicos, podemos notar que o violão Fábio Zuno fica à frente com o harmônico da Fundamental durando cerca de 12,817 segundos, seguido do violão Sérgio Abreu Com 11,888 segundos posteriormente do Violão Rozini e por fim o Violão Teodoro Perez.

Gráfico 13 - Decay dos Harmônicos da nota E4



Fonte: Elaboração do Autor

Nesta amostra novamente o corte realizado não influenciou na duração dos harmônicos, representando assim a duração real dos mesmos.

7. CONSIDERAÇÕES

A pesquisa iniciou-se com uma revisão de literatura, a qual resultou no apontamento de influências externas e/ou referentes ao violão que poderiam interferir no resultado final do timbre dos instrumentos, tais como a unha do intérprete, o ambiente selecionado para captação do áudio, o tipo de microfone, o modelo de construção do leque harmônico, os tipos de madeira utilizados na construção, dentre outros. O timbre do violão trata-se de um fenômeno complexo de ser compreendido, e esta pesquisa voltou-se a análise de diferentes aspectos que influenciam ou podem influenciar no resultado final do timbre dos violões analisados. Centrou-se atenção em recursos analíticos que pudessem fornecer dados quantitativos e qualitativos que não são evidentes ao ouvir o som – o que se caracterizou por meio de análise computacional de gravações das cordas soltas dos violões selecionados.

Os elementos que interagem entre si não podem ser considerados de maneira unilateral, pois é importante reforçar que, embora os dados relacionados ao timbre do violão possam ser analisados individualmente, todos são fundamentais e influenciam diretamente na formação da sonoridade do violão. Assim é possível um entendimento mais adequado do objeto de pesquisa e de como as interferências externas ao instrumento “comprometem” o resultado da análise.

Para a pesquisa foram selecionados quatro violões distintos, com amostras captadas por apenas um instrumentista, com o mesmo tipo de toque nas cordas do instrumento, o mesmo formato de unha e com ângulo de ataque igual. Foi utilizada a análise espectral como ferramenta de análise comparativa dos instrumentos.

Tratar a sonoridade dos violões quanto à qualidade entraria no aspecto de preferências, o que não é o objetivo da pesquisa, cada instrumento aqui selecionado possui suas particularidades. Foi possível constatar, entretanto, que o violão Sérgio abreu, feito com tampo de Abeto Alemão e com leque harmônico modelo Hauser 1937, possui uma projeção consideravelmente maior que os outros quatro instrumentos selecionados, como é possível ver nos espectrogramas e nos gráficos de intensidades apresentados anteriormente, posteriormente temos o violão Teodoro Perez, fabricado em Cedro com a construção do leque harmônico no modelo Ramirez, seguido do violão Fábio Zuno também fabricado em com seu tampo em Cedro e leque harmônico no modelo Ramirez, mas este possui uma particularidade uma alteração proposta pelo próprio Luthier Fábio Zuno, onde a barra transversal percorre por praticamente todo o tampo do instrumento, e por fim, o violão Rozini, fabricado com tampo em Abeto Sitka e com a construção de seu leque harmônico no modelo Torres.

Os espectrogramas permitem uma visualização objetiva das frequências detectadas nas cordas de cada um dos violões, confirmando a hipótese de que existe muitas diferenças entre o

timbre de cada um dos violões, cada qual com uma organização própria em sua série harmônica, com intensidades e quantidades dessemelhantes de harmônicos, o que caracteriza a identidade sonora de cada um dos instrumentos selecionados. Nota-se ainda que as semelhanças encontradas entre os violões de tampo em abeto, Sergio Abreu e Rozini, são menores do que o esperado. Podemos ver que há sempre uma discrepância na quantidade e na intensidade de harmônicos presentes nas amostras, com combinações parciais entre sua organização da série harmônica. Entre os violões com tampo de cedro, Teodoro Perez e Fábio Zuno, as similaridades são mais recorrentes, como por exemplo nas amostras da nota B3, onde a organização da série harmônica é igual. Verifica-se ainda que as frequências não pertencentes à série são as mesmas, divergindo na maioria das vezes na intensidade.

Portanto, é possível constatar que o tipo de construção pode realmente interferir no timbre do instrumento, pois os violões Sérgio Abreu e Rozini tem madeiras parecidas, porém o modelo de construção do leque harmônico é diferente, acarretando grandes discrepâncias em sua série harmônica e nas intensidades destes harmônicos. Os violões Teodoro Perez e Fábio Zuno também são construídos com tipos de madeira parecido, mas o modelo de construção do leque harmônico não diverge de forma significativa, resultando assim em uma similaridade maior entre os dados coletados deles.

Uma variável extremamente visível que foi identificada na pesquisa foram os ruídos externos, a reverberação da sala e em algumas amostras, frequências que não pertenciam à série harmônica das notas gravadas. Estas frequências se apresentavam de forma tênue porem visível, mas não foi possível identificar se pertenciam ou não aos violões. As variáveis se devem ao fato de o curso de música da Universidade Federal de Uberlândia não possuir uma sala adequada para captação ou gravação de áudio, o que reforça a importância da escolha de um ambiente com menor incidência de influências externas a fim de obter maior clareza na obtenção dos dados para análises futuras.

Em decorrência das várias alterações na parte final das amostras onde as mesmas possuem menor volume, foram realizados cortes a fim de minimizar as interferências a serem analisadas, fazendo com que a duração do som dos instrumentos ficasse comprometida. Podemos ver através dos gráficos de *decay* das cordas mais graves, que as frequências do violão Teodoro Perez sofreram cortes antes que as mesmas se dissipassem de forma natural, isso ocorreu para minimizar os ruídos de pessoas conversando e carros passando pela rua lateral da sala onde foram coletadas as amostras.

Identificou-se como fatores ainda a serem pesquisados: a interferência de tipos diferentes de encordoamentos, questões de acústica e ambientação controlados, número maior de intérpretes e modelos de microfone diversos.

No Brasil são poucos os trabalhos acadêmicos que tratam deste aspecto, mesmo depois de mais de um século, o timbre do violão continua sendo um aspecto pouco investigado, como vimos nessa pesquisa. Por causa da natureza multidimensional do timbre, há uma grande dificuldade em manter os parâmetros investigados dentro dos modelos de controle científico, acarretando um período maior de realização da coleta das amostras, propensão a perdas na confiabilidade dos dados dentre outras atribuições.

Espera-se que esta pesquisa contribua de alguma forma para a divulgação deste tipo de abordagem referente ao som do violão. A análise timbrística dos instrumentos ainda é pouco pesquisada deixando uma grande lacuna na compreensão do instrumento de forma completa. Acredita-se também que esta pesquisa possa contribuir para a divulgação deste tipo de abordagem no Brasil, já que a grande maioria das referências sobre o tema estão em língua Inglesa.

Almeja-se que esta pesquisa tenha trazido uma análise timbrística diferenciada, acrescentado de alguma maneira ao campo da musicologia e sonologia uma visão mais aprofundada do timbre pertencente ao violão, ajudando a compreender algumas teorias e explicando de forma concisa os conceitos lúdicos ainda utilizados quando se fala de timbre.

8. REFERÊNCIAS

- AGUADO, Dionisio. **Nuevo Metodo Para Guitarra**. Madrid: Aguado, 1843. 154 p. Disponível em: <http://japanese.imslp.info/files/imglnks/usimg/3/31/IMSLP265882-PMLP430836-DAguado Nuevo m todo para guitarra 1843.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2017.
- GASQUES, Gisela de Oliveira. **REFLETS DANS L'EAU, DE CLAUDE DEBUSSE: caminhos interpretativos pela análise de gravações da obra**. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Música, IARTE, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Org.). **Métodos de Pesquisa**. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2009. 120 p.
- HUH, Samuel. **Visão geral da história da luteria violonística**. SIMPÓSIO DE VIOLÃO DA EMBAP. 3., cidade. Anais... Cidade: edição, ano. Disponível em: <http://www.embap.pr.gov.br/arquivos/File/simposio/violao2009/15.pdf> Acesso em: 21 fev. 17
- NAVEDA, Luiz Alberto Bavaresco de. **O Timbre e o volume sonoro do Violão: Uma abordagem acústica e psicoacústica**. 2002. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Música, Ufm, Belo Horizonte, 2002.
- PUJOL, Emilio. **O dilema del sonido em la guitarra**. Buenos Aires: Ricordi Americana, 1960.
- RATTON, Miguel. **Dicionário de Áudio e Tecnologia Musical**. Rio de Janeiro: Áudio Música e Tecnologia, 2004. 155 p.
- SCOTTI, Adelson Aparecido. **Violão.org: saberes e processos de apreensão/transmissão da música no espaço virtual**. 2011. 167 f. Dissertação (Mestrado em Artes) - Curso Pós-Graduação, IARTE, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- SOARES, Maria Angélica. **PRODUÇÃO DE UM VIOLÃO CLÁSSICO EM MADEIRA DE TECA (Tectona grandis)**. 2014. 58 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Industrial, Universidade Estadual Paulista "Julio Mesquita Filho", Itapeva, 2014. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/142904/000867439.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 27 fev. 2017.
- SOR, Ferdinand. **Fernando Sor: Method for the Spanish Guitar**. Matanya Ophee. Chanterelle Verlag. Heidelberg, 1997.
- TENNANT, Scott. **Pumping Nylon (Book & DVD)**. N/d: Alfred Music, 2002.
- VALLE, Sólón do. **Microfones**. 2. ed. Rio de Janeiro: Música e Tecnologia, 2002. 121 p.
- VALLE, Sólón do. **Manual prático de acústica**. Rio de Janeiro: Música & Tecnologia, 2006.

8.1 REFERENCIAS DE IMAGENS

ÁUDIO ESCOLA (Brasil). **O som e suas características**. 2011. Disponível em: <http://audioescola.blogspot.com.br/2011/06/o-som-e-suas-caracteristicas-audio.html>. Acesso em: 13 maio 2017.

BEHRINGER. **B2 PRO**. 2017. Disponível em: <http://www.music-group.com/Categories/Behringer/Microphones/Large-Diaphragm-Microphones/B-2-PRO/p/P0190>. Acesso em: 21 nov. 2017

COLECCIÓN, Fundación Fco. Godia Sales. **La Suprema**. 2009. Disponível em: http://www.antoniodetorres.es/index.php?option=com_guitarbook&view=detail&id=28&Itemid=2. Acesso em: 21 nov. 2017.

COMPUTING, Goldsmiths Creative. **Sound 3: Coding Audio Signals Using Beads: Intro To Audiovisual Computing**. Disponível em: http://doc.gold.ac.uk/CreativeComputing/creativecomputation/?page_id=558. Acesso em: 03 set. 2018.

GOMIDE, Antônio de Pádua. **Leque Harmônico Torres**. 2006. Disponível em: http://www.apgomide.com/Instrumentos/Classic_Guitar_Special/Torres.html. Acesso em: 21 nov. 2017.

GOMIDE, Antônio de Pádua. **Hermann Houser**. 2006. Disponível em: http://www.apgomide.com/site/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=87. Acesso em: 21 nov. 2017.

GOMIDE, Antônio de Pádua. **Ramirez**. 2006. Disponível em: http://www.apgomide.com/site/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=82. Acesso em: 21 nov. 2017.

GOMIDE, Antônio de Padua. **Michael Kasha**. 2006. Disponível em: http://www.apgomide.com/site/index.php?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=91. Acesso em: 21 nov. 2017.

GUIMARÃES, Aquiles. **O que é a técnica de microfonação MID-SIDE?** 2010. Disponível em: <https://aquilesguimaraes.wordpress.com/2010/04/30/o-que-e-a-tecnica-de-microfonacao-mid-side/>. Acesso em: 10 jun. 2017.

PANZERA, Arjuna C.; MOURA, Dácio G. **Produção e Percepção de Sons: O Som se Propagando.** 2009. Disponível em: http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/documentos/md/ef/ciencias/2010-08/md-ef-ci-60.pdf. Acesso em: 13 maio 2017.

RAIMUNDO, Beatriz. **O som - Parte II: Propriedades do Som.** 2011. Disponível em: http://beatriz-raimundo-cfq-8d.blogspot.com.br/2011_06_01_archive.html. Acesso em: 13 maio 2017.

RIBEIRO, Rafael. **Técnicas de captação estéreo.** 2011. Disponível em: <http://rrecording.blogspot.com.br/2011/01/tecnicas-de-captacao-estereo.html>. Acesso em: 10 jun. 2017.

RODRIGUES, Felipe V. **Fisiologia da música: Uma abordagem comparativa.** 2009. Disponível em: http://www.ib.usp.br/~fvrodrigues/Fisiologia_da_musica.htm. Acesso em: 13 maio 2017.

ROMANILLOS, José Luis (Org.). **Gabinete Armónico:** 1854. Disponível em: http://www.antoniodetorres.es/index.php?option=com_guitarbook&view=detail&id=7&Itemid=0. Acesso em: 16 maio 2017.

ROSALES, Diego. **Microfonos! Parte 1.** 2012. Disponível em: <http://produccionyelectronica.blogspot.com.br/2012/09/microfonos-parte-1.html>. Acesso em: 21 nov. 2017.

TV, Cine Departamento de Cine y. **Sonido I.** 2012. Disponível em: [http://sonido2012.wikispaces.com/clase+4+\(20-04-2012\)](http://sonido2012.wikispaces.com/clase+4+(20-04-2012)). Acesso em: 21 nov. 2017.

WIKIPÉDIA. **Série harmônica (música).** 2017. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Série_harmônica_\(música\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Série_harmônica_(música)). Acesso em: 23 nov. 2018.