

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA

RONAN REMONATTO TUSSI

**ESTUDO DO IMPACTO NA QUALIDADE DE GRAVAÇÃO POR MEIO DA
UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES CABOS**

CURITIBA
2013

RONAN REMONATTO TUSSI

**ESTUDO DO IMPACTO NA QUALIDADE DE GRAVAÇÃO POR MEIO DA
UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES CABOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de TCC2, do curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Antônio Carlos Pinho, Dr. Eng.

CURITIBA
2013

Estudo no Impacto na Qualidade de Gravação por Meio da Utilização de Diferentes Cabos

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista do curso de Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 9 de abril de 2013.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Prof. Marcelo Rosa, Dr.
Coordenador dos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Prof. Antônio Carlos Pinho, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Antônio Carlos Pinho, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Marcelo Rosa, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Ednilson Maciel, Esp.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profa. Marta Deckert, Ms.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao meu professor orientador Dr. Eng. Antônio Carlos Pinho pelo enorme apoio e pelo grande interesse em participar de forma incansável para mostrar o caminho certo na busca das teorias, soluções e práticas deste trabalho. Pela disponibilidade, honestidade e compromisso durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu amigo Júlio Henrique Miotto, por estar sempre presente à tirar dúvidas referentes à parte de estúdio, materiais e gravações. Também por participar do trabalho dedicando seu tempo para responder o questionário proposto, de forma profissional e honesta.

Aos meus familiares (pais, irmão e namorada) por estarem sempre presente apoiando um grande sonho mesmo em momentos de ausência.

"Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito."

Chico Xavier

RESUMO

TUSSI, Ronan Remonato. Estudo no Impacto na Qualidade de Gravação por Meio da Utilização de Diferentes Cabos. 2013 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Este trabalho apresenta um estudo da diferença das características das gravações dos áudios de voz, violão e *White Noise* (Ruído Branco), devido a modificação dos cabos (Volcano e Hayonik) dos microfones (dinâmico e condensador) utilizados para gravação dos mesmos após serem reproduzidos por um equipamento de alta fidelidade, recapturados e armazenados através de um software específico. Aborda teorias básicas acerca dos fenômenos físicos presentes no trabalho, da gravação digital, das técnicas de gravação e especificações técnicas dos materiais utilizados para realização do trabalho. Traz a análise de espectro das formas de onda de cada gravação, as diferenças de níveis apresentadas pela modificação dos cabos e também algumas diferenças das formas de ondas. Também levanta dados técnicos dos cabos citados - resistência e indutância em série e capacitância e condutância em paralelo. Apresenta opinião profissional a respeito do assunto, de modo que se possa concluir o trabalho com dados baseados em experiências do dia a dia utilizadas para aplicações do áudio profissional.

Palavras Chave: Som, Alta Fidelidade, Cabos de Microfone, Gravação de Áudio.

ABSTRACT

TUSSI, Ronan Remonato. Study on Impact of Recording Quality Through the Use of Different Cables. 2013 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

This paper presents a study of the difference of voice, acoustic guitar and White Noise audio recordings characteristics, due to modification of the cables (Volcano and Hayonik) of the microphones (dynamic and condenser) used for recording the same audios after being played by hifi equipment, recaptured and stored via a specific software. It provides basic theories about the physical phenomens in the present work, digital recording, the recording techniques, and technical specifications of the materials used for the work. It brings the spectrum analysis waveform of each recording, differences in levels presented by modification of cables and also some differences in the waveforms. It also raises up technical data of cables cited - resistance and inductance in series and capacitance and conductance in paralel. It presents professional opinion of the subject, so that we can complete the work with data based on everyday experiences used for professional audio applications.

Keywords: Sound, High Fidelity, Microphone Cables, Audio Record.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Velocidade do som no ar em relação à temperatura.....	21
Figura 2 - Os dois tipos de vibração de ondas.....	21
Figura 3 - Propagação da onda sonora	22
Figura 4 - Função senoidal amortecida.....	23
Figura 5 - Função senoidal mais especificada.....	23
Figura 6 - Quanto maior for a distância, maior é a área a cobrir.	24
Figura 7 - Representação do ataque, período estável e queda de um som.....	28
Figura 8 - Forma de onda de um acorde Lá, tocado por um violão elétrico Strinberg	29
Figura 9 - (A) Apenas a frequência fundamental (B) fundamental e terceiro harmônico e (C) diversos harmônicos.	30
Figura 10 - Delimitações de frequências.....	32
Figura 11 - (A) Frequências graves; (B) Frequências médias; (C) Frequências agudas.	32
Figura 12 - Sinal Digital.	33
Figura 13 - Influência do ruído no áudio analógico e digital	33
Figura 14 - Quantização.....	34
Figura 15 - Interface de áudio M-Audio Fast Track C400.....	38
Figura 16 - O microfone converte variações da pressão sonora em variações de corrente elétrica.....	38
Figura 17 - Diagrama de um microfone dinâmico.....	39
Figura 18 - Dois tipos de microfone: (A) AKGC1000S (condensador) e (B) ShureSM58 (dinâmico).....	40
Figura 19 - Gráfico de dB por frequência do Shure SM-58.	42
Figura 20 - Padrão de captação cardioide do Shure SM-58.....	43
Figura 21 - Dimensões do Shure SM-58.....	43
Figura 22 - Resposta em frequência do Behringer B-1.	44
Figura 23- Padrão de captação cardioide do Behringer B-1.....	44
Figura 24 - Cabo de baixa impedância e alta impedância respectivamente.	45
Figura 25 - Variação, por metro, da resistência ôhmica de um fio rígido, de 1mm ² de seção, em relação à frequência do sinal sonoro de entrada (a 20 graus °C).	47
Figura 26 - Cabo Hayonik Noiseless Microphone.....	48
Figura 27 - Cabo Volcano Interconnects.....	48
Figura 28 - Conectores: (A) XLR; (B) <i>Jack 1/4'</i> (p10); (C) <i>Jack 3,5mm</i> (p2) e (D) RCA.....	49
Figura 29 - Conector XLR.	49
Figura 30 - <i>Jack 1/4"</i> (A) TRS e (B) TS.....	50
Figura 31 - Cabo <i>Insert</i>	51
Figura 32- (A) <i>Jack</i> de 3,5mm (p2) e (B) respectivo adaptador para <i>jack</i> de 1/4" (p10).	51
Figura 33 - Conector RCA.....	52
Figura 34 – Captando o som da boca do violão	53
Figura 35 - Gravação do violão diretamente na interface de áudio.	53
Figura 36 - Distância do vocalista do microfone.	54
Figura 37 - Microfone direcionado para cima do cantor.	55
Figura 38 - Sala onde foram realizadas as gravações.....	57
Figura 39 - Equipamento de alta fidelidade sonora.	58
Figura 40 - Técnica de recapturação de áudio através da reprodução em um aparelho de alta fidelidade.	58
Figura 41 - Analisador de espectro do software Cubase.	59
Figura 42 - Configuração do analisador de espectro.	59
Figura 43 - As duas gravações (cabo Volcano e Cabo Hayonik) sincronizadas e com o mesmo tamanho.....	60

Figura 44 - Gravação do áudio de voz.....	60
Figura 45 - Recapturação da gravação de um áudio de voz com o microfone B1.....	61
Figura 46 - Forma de onda do áudio de voz referente ao microfone Behringer com cabo Volcano.....	61
Figura 47 - Forma de onda do áudio de voz referente ao microfone Behringer com cabo Hayonik.....	62
Figura 48 - Faixa de áudio escolhida para análise da gravação de voz. Cabo Volcano.	62
Figura 49 - Faixa de áudio escolhida para análise da gravação de voz. Cabo Hayonik.	62
Figura 50 – Segunda faixa de áudio escolhida para análise da gravação de voz. Cabo Volcano.	63
Figura 51 - Segunda faixa de áudio escolhida para análise da gravação de voz. Cabo Hayonik.	63
Figura 52 – Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de voz e microfone Behringer com cabo Volcano.....	64
Figura 53 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de voz e microfone Behringer com cabo Hayonik.....	64
Figura 54 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de voz e microfone Behringer com cabo Volcano.....	65
Figura 55 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de voz e microfone Behringer com cabo Hayonik.....	66
Figura 56 - Gravação do áudio de violão.	69
Figura 57 - Recapturação da gravação de um áudio de violão com o microfone Shure SM58.	70
Figura 58 - Forma de onda do áudio da sequência de acordes de violão referente ao microfone Shure com cabo Volcano.	70
Figura 59 - Forma de onda do áudio da sequência de acordes de violão referente ao microfone Shure com cabo Hayonik.	71
Figura 60 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de acordes de violão e microfone Shure com cabo Volcano.	72
Figura 61 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de acordes de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.....	72
Figura 62 - Spectrum Analyzer do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de acordes de violão e microfone Shure com cabo Volcano.....	73
Figura 63 - Spectrum Analyzer do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de acordes de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.....	74
Figura 64 - Forma de onda do áudio da sequência Groove de violão referente ao microfone Shure com cabo Volcano.	76
Figura 65 - Forma de onda do áudio da sequência Groove de violão referente ao microfone Shure com cabo Hayonik.	76
Figura 66 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de Groove de violão e microfone Shure com cabo Volcano.....	77
Figura 67 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de Groove de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.....	77
Figura 68 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de Groove de violão e microfone Shure com cabo Volcano.	78
Figura 69 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de Groove de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.....	79
Figura 70 - Forma de onda do áudio da gravação de solo de violão referente ao microfone Shure com cabo Volcano.	80
Figura 71 - Forma de onda do áudio da gravação de solo de violão referente ao microfone Shure com cabo Hayonik.	80
Figura 72 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de solo de violão e microfone Shure com cabo Volcano.	81

Figura 73 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de solo de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.	82
Figura 74 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de solo de violão e microfone Shure com cabo Volcano.	83
Figura 75 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de solo de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.	83
Figura 76 - Recapturação do áudio de White Noise com microfone Behringer B1.	86
Figura 77 - Forma de onda do áudio da gravação do White Noise referente ao microfone Behringer com cabo Volcano.	86
Figura 78 - Forma de onda do áudio da gravação do White Noise referente ao microfone Behringer com cabo Hayonik.	87
Figura 79 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de White Noise e microfone Behringer com cabo Volcano.	87
Figura 80 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de White Noise e microfone Behringer com cabo Hayonik.	88
Figura 81 - Spectrum Analyzer do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de White Noise e microfone Behringer com cabo Volcano.	89
Figura 82 - Spectrum Analyzer do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de White Noise e microfone Behringer com cabo Hayonik.	89
Figura 83 - Tela de comando do MatLab.	91
Figura 84 - Primeira plotagem da diferença entre cabos - gravação da voz. Em azul, forma de onda do cabo Volcano. Em vermelho, forma de onda do cabo Hayonik.	91
Figura 85 - Segunda plotagem da diferença entre cabos - gravação da voz.	92
Figura 86 - Primeira plotagem da diferença entre cabos - gravação de acordes de violão.	92
Figura 87 - Segunda plotagem da diferença entre cabos - gravação de acordes de violão.	93
Figura 88 - Plotagem da diferença da forma de onda - <i>White Noise</i>	94
Figura 89 - Agilent 4294A Precision Impedance Analyzer.	94
Figura 90 - Procedimento de medição das especificações dos cabos.	95
Figura 91 - Medição entre os pinos 2 e 3 dos cabos XLR-XLR.	95

LISTA DE SIGLAS

UTFPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná

MP3 *MPEG-1/2 Audio Layer 3*

CD *Compact Disc*

USB *Universal Serial Bus*

LISTA DE SÍMBOLOS

Hz	Frequência em Hertz
V _{in}	Tensão de entrada
V _{out}	Tensão de saída
m/s	Velocidade em metro por segundo
°C	Temperatura em Graus Celsius
λ	Comprimento de onda
m	Medida em Metros
cm	Medida em Centímetros
mm	Medida em milímetros
dB	Nível em decibéis
pF	Capacitância em pico Farad
"	Medida em polegadas

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Comprimentos de onda, considerando uma velocidade do som de 340 m/s.	24
Tabela 2- Quantização linear de resoluções.	36
Tabela 3 - Diversos tipos de diretividade e suas características.	41
Tabela 4 - Diversas utilizações para conectores do tipo <i>Jack</i>	51
Tabela 5 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Behringer) referente à primeira faixa escolhida do áudio de voz.	67
Tabela 6 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Behringer) referente à segunda faixa escolhida do áudio de voz.	67
Tabela 7 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Behringer) referente à terceira faixa escolhida do áudio de voz.	68
Tabela 8 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Shure) referente à primeira faixa escolhida do áudio de acordes de violão.	74
Tabela 9 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Shure) referente à segunda faixa escolhida do áudio de acordes de violão.	75
Tabela 10 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Shure) referente à faixa escolhida do áudio de Groove de violão.	79
Tabela 11 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Shure) referente à primeira faixa escolhida do áudio de solo de violão.	84
Tabela 12 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Shure) referente à segunda faixa escolhida do áudio de solo de violão.	85
Tabela 13 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Behringer) referente ao áudio de White Noise.	90
Tabela 14 - Resultado da medição entre pino 2 e 3, cabo Volcano	95
Tabela 15 - Resultado da medição entre pino 2 e 3, cabo Hayonik.	96

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. TEMA	15
1.1.1. Delimitação do Tema.....	15
1.2. PROBLEMAS E PREMISSAS.....	16
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. Objetivo Geral	17
1.3.2. Objetivos Específicos	18
1.4. JUSTIFICATIVA	18
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	18
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1. O SOM	20
2.1.2. CARACTERÍSTICA ONDULATÓRIA DO SOM.....	22
2.1.3. O DECIBEL	25
2.1.4. TIMBRE.....	27
2.1.5. FREQUÊNCIA.....	29
2.3. GRAVAÇÃO DIGITAL	32
2.3.1. TÉCNICAS DE GRAVAÇÃO DIGITAL	34
2.3.1.1. AMOSTRAGEM.....	34
2.4. EQUIPAMENTOS DE GRAVAÇÃO	37
2.4.2. MICROFONE	38
2.4.2.1. DIRETIVIDADE DO MICROFONE	40
2.4.3. MICROFONES UTILIZADOS.....	41
2.4.3.1. SHURE SM-58	41
2.4.3.2. BEHRINGER B-1.....	43
2.4.4. CABOS.....	45
2.4.5. CONECTORES.....	48
2.4.5.1. XLR	49
2.4.5.2. JACK.....	50
2.4.5.3. RCA.....	52
2.5. TÉCNICAS DE GRAVAÇÃO	52

2.5.1. GRAVAÇÕES DE VIOLÃO	52
2.5.2. GRAVAÇÃO DA VOZ.....	54
3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS	56
3.1. MÉTODO DE GRAVAÇÃO E REPRODUÇÃO	56
3.2. CAPTURA DO ÁUDIO DE VOZ	60
3.3. CAPTURA DO ÁUDIO DE VIOLÃO	68
3.4. CAPTURA DO ÁUDIO RUÍDO BRANCO.....	85
3.5. DIFERENÇAS DE FORMAS DE ONDA - MATLAB	90
3.6. DIFERENÇA TÉCNICA DOS CABOS.....	94
3.7. OPINIÃO PROFISSIONAL.....	96
CONCLUSÕES	100
REFERÊNCIAS.....	102
ANEXO A	104
ANEXO B	106
ANEXO C	107

1. INTRODUÇÃO

1.1. TEMA

1.1.1. Delimitação do Tema

Alta-fidelidade é um conceito de sistema de som, segundo o qual, é possível obter uma reprodução muito fiel de um evento sonoro gravado, especialmente da música. A principal questão está ligada a percepção humana, que não se restringe aos aspectos e limites fisiológicos, como tem sido considerado.

Para equipamentos de alta qualidade de áudio, a fidelidade do som reproduzido é de suma importância. Com a evolução da tecnologia, uma ampla gama de possibilidades apareceu para melhorias do mesmo.

Alta Fidelidade, de acordo com Harley (2004) está relacionada com a paixão pela música e por quão bem ela é reproduzida. Alta Fidelidade é a busca da melhor reprodução sonora pelo uso de equipamentos de som devidamente projetados e concebidos de maneira a que o resultado sonoro se assemelhe ao máximo ao instrumento musical original. Para isto, deve haver a menor distorção no caminho do sinal sonoro: do som do instrumento captado pelos microfones, gravado por aparelho elétrico adequado, mixado corretamente, até a reprodução eletrônica por aparelhagem de alta fidelidade. Levando-se em consideração que a música é importante, deve-se reproduzi-la com a máxima fidelidade para finalmente se ter a ampliação da interação da música com o ouvinte.

A música disponibilizada na internet por seu alto grau de compactação não pode ser chamada de mídia de qualidade. Então, a capacidade de comunicação com o músico, cantor, através da reprodução eletrônica torna-se cada vez mais distante. Para um amante de música está é uma situação desoladora.

De acordo com Fernando Andrette (2011), citando seu pai: "Ouvir o que gostamos em um bom sistema é deixar a dura realidade do dia a dia e encontrar uma enorme paz em outra dimensão, com a possibilidade de ter aquela sensação novamente quando a desejarmos".

Na Alta Fidelidade há duas vertentes principais: uma que busca a máxima fidelidade da reprodução sonora, o que implica na utilização de gravações ditas audiófilas. Essas gravações, em aparelhagem “Hi-end”, permitem que o cérebro elabore uma ótima relação entre o instrumento musical original gravado e a audição reproduzida eletronicamente. Em gravações não tão boas, há uma clara percepção de suas limitações, o que pode dificultar sua audição. Na outra vertente, se busca que o sistema consiga reproduzir áudios da melhor forma possível de modo a se extrair o máximo prazer ao ouvi-las, porém apresentando algumas limitações que escondem os defeitos da mídia. E provavelmente os melhores aparelhos conseguem unir estes dois extremos: musicalidade com a capacidade de apresentar os inúmeros detalhes das músicas reproduzidas, o que se define como transparência. Em resumo, de nada adianta se ter uma gravação com excelentes instrumentos e recursos eletrônicos de gravação, se não existir uma aparelhagem adequada para sua reprodução e; nada adianta obter uma aparelhagem "hi-end", onde se é capaz de reproduzir um som com excelente qualidade, se a gravação do áudio foi feita de forma precária e com aparelhos de péssima qualidade.

Não é possível precisar exatamente quando e por quem foi cunhada a expressão alta-fidelidade (ou *High Fidelity* como originalmente no inglês) mas a Enciclopédia *Britannica* (2000, CD-Rom) cita o surgimento da revista ***High Fidelity*** em 1951, o que nos dá uma pista de data aproximada. Desde então vem sendo usado com o intuito de significar a possibilidade de captar/amplificar/reproduzir ou captar/gravar/reproduzir um evento sonoro com máxima fidelidade ao fenômeno sonoro original. O termo carrega consigo a certeza de que se trata de uma busca de reprodução muito fiel, mas que não é mais o programa original, apesar de que também traz embutida a crença na existência de uma reprodução perfeita.

1.2. PROBLEMAS E PREMISSAS

Baseando-se no fato de que apesar de alta fidelidade muitas vezes ser associada somente a um aparelho de som dito *high-end* e ambientes tratados acusticamente, geralmente não se sabe que os processos de gravações

também divergem muito em sua qualidade e têm enorme importância no resultado final.

Com tantas considerações a serem feitas na gravação de um áudio, seja ele em ambiente domiciliar ou em estúdio profissional, é fácil perder de vista algo aparentemente tão menor como cabos. Mas, na realidade, a qualidade do resultado final de um estúdio será tão boa quanto os cabos usados nela, que conectam entre si os equipamentos. Um fator importante a considerar na seleção do cabo é o fio condutor em si. Fios de baixa qualidade podem contribuir para a degradação da estrutura harmônica, clareza e resposta de frequência (análise do comportamento de um sistema quanto ao seu ganho numa certa faixa de frequência). Um fio de cobre de boa qualidade pode ser uma solução mais econômica, enquanto a prata pode ser cara o suficiente para interligar um estúdio inteiro. Se um cabo é de prata ou de cobre, longo ou curto, para sinais analógicos ou digitais, ele deve ter um conector de qualidade.

Existe, também, a análise das terminações dos cabos, podendo interferir ou ajudar na qualidade sonora. Pode-se ter a terminação do tipo balanceada e não balanceada. Conexões não balanceadas empregam dois condutores: um no potencial do aterramento e o outro conduzindo o sinal. Conexões balanceadas empregam dois condutores, cada um conduzindo o mesmo potencial de sinal, mas com polaridade invertida um em relação ao outro.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Analisar e quantificar a qualidade da reprodução sonora em relação ao tipo de material do cabeamento do microfone utilizado para gravação da voz e captação do áudio de violão e Ruído Branco.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Levantamento de referencial teórico acerca da gravação;
- Gravação de áudio de voz e de violão;
- Reproduzir as gravações de violão, voz e *White Noise* em um equipamento de som de alta fidelidade;
- Modificar os cabos utilizados na captação do som reproduzido pelo som de alta fidelidade;
- Analisar as características de onda sonoras por meio de softwares, devido à mudança de cabos;
- Quantificar a qualidade sonora através de softwares de áudio;

1.4. JUSTIFICATIVA

Desde que surgiram os primeiros processos de registro sonoro, especialistas em áudio, consultores, pesquisadores, empresas de sonorização e indústrias de transdutores discutem, pesquisam e desenvolvem métodos, procedimentos e equipamentos objetivando a reprodução perfeita de eventos sonoros (gravados) especialmente de música, o que se convencionou denominar de alta-fidelidade. Os sistemas de gravação e reprodução criam distorções no sinal.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método de pesquisa foi teórico e experimental. Inicialmente, realizou-se a revisão bibliográfica dos materiais e dos temas a serem abordados. Encontraram-se teses, artigos, livros e monografias relacionadas ao tema proposto com o intuito de construir uma base teórica à pesquisa.

Apresentou-se uma revisão teórica acerca do som, equipamentos utilizados para geração do áudio proposto (voz e violão) e equipamentos utilizados para gravação e reprodução sonora. Iniciou-se a fase de gravação e captação dos áudios propostos e a modificação dos cabos utilizados para

gravação dos respectivos áudios, a fim de se obterem as formas de onda dos diferentes áudios com seus variados cabeamentos especificados no trabalho. Foram, então, utilizados microfones condensadores e dinâmicos. Utilizaram-se as técnicas descritas no presente trabalho para gravação de voz e violão. Captaram-se os áudios por uma interface de áudio, gravando-os em um computador através da saída USB da mesa.

Finalizou-se o projeto através da análise dos resultados obtidos através de suas respectivas formas de onda captadas. Utiliza-se o software de análise de forma de onda e também gravação de áudio, o **Cubase**. Concluiu-se, então, a pesquisa e apresentaram-se conclusões ao final deste trabalho.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

O Trabalho de Conclusão de Curso é constituído de quatro etapas.

Na primeira etapa, a introdução, são apresentados os objetivos do estudo, geral e específicos, a apresentação dos problemas que incentivaram a pesquisa, justificativa e a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho.

Na segunda etapa, a revisão bibliográfica, esta apresentado o embasamento teórico, as características do som, o estudo dos materiais utilizados no cabeamento, dos instrumentos utilizados, a estrutura da gravação e da reprodução e também será abordado sobre qualidade e fidelidade do som.

A terceira etapa apresenta o processo de avaliação da pesquisa junto com a metodologia utilizada para a realização do processo experimental, as dificuldades encontradas na realização da pesquisa, a forma de análise da qualidade e fidelidade das gravações sonoras, o estudo das ondas e resultados apresentados pela gravação e a experimentação proposta.

Na quarta e última etapa é, então, abordada a conclusão do trabalho. Os dados coletados, realizando uma análise e comparação com os materiais utilizados fazendo-se assim uma conclusão de todo estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O SOM

"O som é produzido pelo choque entre corpos rígidos (sólidos), fluidos (líquidos) ou elásticos (gases). Além de produzir o som, estes corpos podem também transportá-lo, ou seja, o som pode se propagar através deles, pela vibração das moléculas do meio. Sendo assim, esta vibração que atinge o cérebro humano pelo sentido da audição é chamada de som." (ALVARENGA, 2008, p.13).

Segundo BACKUS (2006), existem várias maneiras de se estudar cientificamente o fenômeno sonoro. Todas essas maneiras estão interligadas, mas cada uma enfoca um aspecto específico do fenômeno. A acústica física estuda a parte material do fenômeno sonoro, enquanto a psicoacústica trata da percepção do fenômeno sonoro pelos sentidos. O que chamamos de acústica musical relaciona os dados dessas disciplinas com a atividade artística. A ondulatória é a parte da física que estuda os fenômenos que se apresentam em formas de ondas. Existem dois tipos básicos de fenômenos que se comportam dessa maneira: ondas mecânicas, que são ondas longitudinais, atuam no nível das moléculas, cujo fenômeno perceptivo associado é o som; e ondas eletromagnéticas, que são ondas transversais, causadas pelo movimento de partículas subatômicas, cujos fenômenos perceptivos associados são, principalmente, a luz e as cores.

As partículas existentes no ar aproximam-se ou distanciam-se mutuamente e, então, são propagada até chegar ao tímpano do ouvinte. Mesmo ao atravessar obstáculos, como uma parede, o princípio é o mesmo. Os líquidos e os sólidos também sofrem essas compressões, significando assim, que estes também podem propagar o som. Na Figura 1, é apresentada a variação da velocidade do som no ar em função da temperatura. (FONSECA, 2007 p. 8).

Temperatura	Velocidade do som
0 °C	331,4 m/s
15 °C	340,5 m/s
30 °C	349,6 m/s

Figura 1 - Velocidade do som no ar em relação à temperatura.
Fonte: FONSECA (2007, p. 10).

Segundo ALVARENGA (2008, p. 13), há duas formas de vibração das ondas: no sentido transversal, perpendicular à direção do movimento, e no sentido longitudinal, que ocorre na própria direção do movimento, apresentadas na Figura 2.

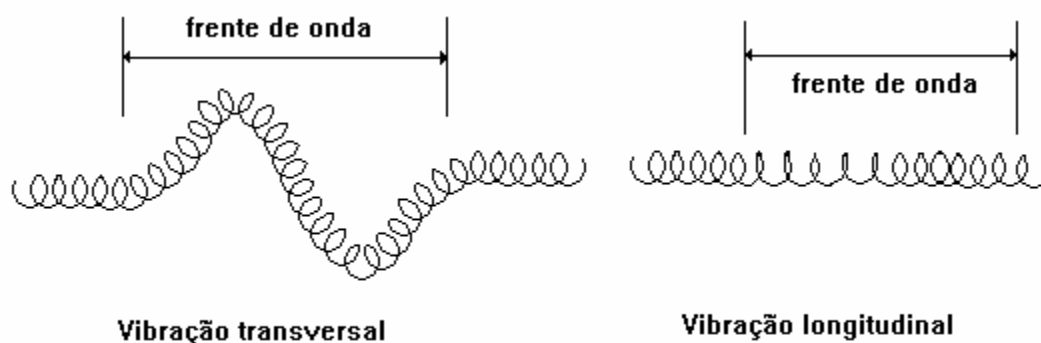


Figura 2 - Os dois tipos de vibração de ondas.
Fonte: ALVARENGA. (2008, p. 13).

A vibração das moléculas no ar pelo qual o som se propaga é no sentido longitudinal, na mesma direção à qual o som se desloca. Assim como o exemplo acima, as moléculas de ar, ao receberem a vibração sonora, agrupam-se em partes concentradas seguidas de partes rarefeitas, num movimento que se comunica às moléculas vizinhas, fazendo com que a vibração se propague. Chama-se este movimento de onda de compressão, ou onda sonora. O corpo que recebe a onda sonora é sacudido pela vibração das moléculas de ar que lhe estão próximas, e não pelas moléculas de ar

adjacentes ao corpo que produziu o som. Com uma propagação em todos os sentidos vistos na Figura 3.

O deslocamento da vibração tem a sua velocidade de propagação em função do meio ou material pelo qual se desloca. No vácuo, não há propagação do som.

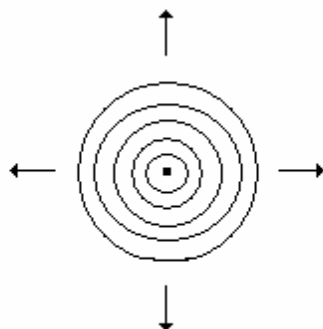


Figura 3 - Propagação da onda sonora
Fonte: ALVARENGA (2008 p. 14).

2.1.2. CARACTERÍSTICA ONDULATÓRIA DO SOM

Segundo ALVARENGA (2008, p. 16), o estudo das vibrações sonoras, ou, oscilações sonoras, pode ser facilitado pelo uso de representações gráficas equivalentes denominadas funções senoidais.

A senóide equivale a uma vibração ou oscilação cujo movimento periódico é constante. Contudo, o gráfico a seguir mostra uma oscilação cujo movimento periódico não se mantém, ou seja, a oscilação amortece com o tempo. Um exemplo disso é o caso do som produzido pelo diapasão ou de outros instrumentos analisados, como violão, percussão, etc, apresentado na Figura 4.

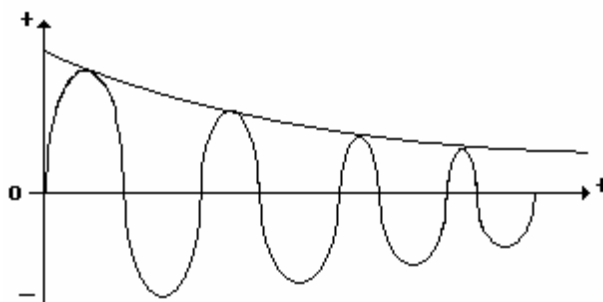


Figura 4 - Função senoidal amortecida
Fonte: ALVARENGA (2008, p. 17).

Sendo assim, o eixo Y é representado pela intensidade das oscilações, e o eixo X representa o tempo decorrido, como citado anteriormente, como se observa na Figura 5.

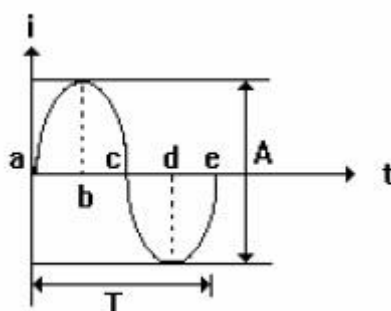


Figura 5 - Função senoidal mais especificada
Fonte: ALVARENGA (2008, p. 17).

Os pontos denominados "a", "c" e "e" são chamados de nós, enquanto os pontos "b", "d" são chamados cristas de onda. A distância entre os nós "a" e "e" define o período T da onda sonora, em outras palavras, define o intervalo de tempo que decorre entre o início do primeiro movimento da vibração e o fim do segundo movimento ou o comprimento de onda. O inverso do período ($1/T$) é chamado de frequência F (também denominada altura – pitch) da onda sonora, que é o número ou quantidade de vibrações (ou oscilações) por unidade de tempo (em segundos). Sendo o inverso do período, então:

$$F = 1/T \quad (2.2)$$

Onde,

T é o período medido em ciclos.

F é a frequência medida em Hertz (Hz).

FONSECA (2007, p. 10) afirma que, o comprimento de onda é importantíssimo porque é vital para o comportamento que o som terá ao encontrar determinadas superfícies ou obstáculos. Por exemplo, se o som encontrar um obstáculo com dimensões inferiores ao comprimento de onda, irá conseguir contorná-lo. Caso o obstáculo tenha dimensões superiores ao comprimento de onda, irá existir uma espécie de "sombra sonora".

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

onde:

V = velocidade de propagação da onda (m/s)

λ = comprimento de onda (m)

f = frequência

Frequência	Comprimento de onda
20 Hz	17m
200 Hz	1,7m
2000 Hz	17cm
20000 Hz	1,7cm

Tabela 1- Comprimentos de onda, considerando uma velocidade do som de 340 m/s.
FONTE: Autor.

Todas as fontes sonoras possuem uma propagação esférica, ou seja, o som se expande em todas as direções. Significa que, quanto mais se aumenta a distância que a onda de som percorre, mais o som cobrirá uma área maior, tornando-se mais fraco.

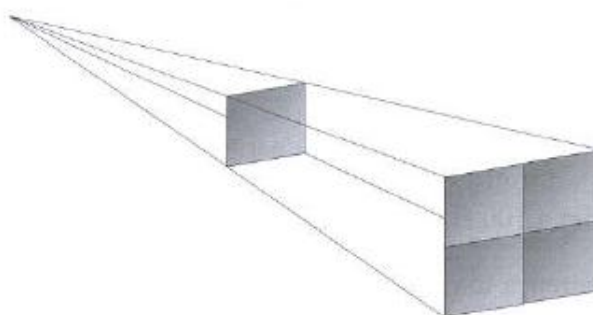


Figura 6 - Quanto maior for a distância, maior é a área a cobrir.
FONTE: FONSECA (2007 p. 11).

Ao duplicarmos a distância, conforme a Figura 6 passa-se a cobrir uma área quatro vezes superior, o que significa que o som terá uma pressão quatro vezes inferior, ou seja, o som perde seis dB (explicado mais adiante). Pode-se considerar que uma fonte de 100 dB a um metro de distância, terá 94 dB, a dois metros, 88 dB, a quatro metros, 82 dB e assim por diante.

2.1.3. O DECIBEL

Segundo RUMSEY e McCORMICK (2006, p. 14), a unidade do decibel é amplamente utilizada em engenharia acústica, dando preferência ao uso de outras unidades tais como volts, watts, ou outras unidades absolutas, pois é uma forma conveniente de representar a proporção de um sinal da amplitude para outro e o ouvido diferencia (perceptualmente) a pressão sonora em escala logarítmica. Também resulta em números de um tamanho prático que aproximam mais estreitamente à impressão subjetiva de alterações na amplitude de um sinal, e isso contribui para comprimir o intervalo de valores entre o máximo e o mínimo de níveis sonoros encontrados em sinais reais.

O decibel é baseado no logaritmo da razão entre dois números. Pode também ser utilizado como uma unidade absoluta de medição se o valor de referência é fixo e conhecido. Algumas referências normalizadas têm sido estabelecidas para decibel para escalas em diversos campos de engenharia acústica.

Segundo FONSECA (2007, p. 58), no mundo do áudio, o decibel é utilizado de diversas formas, como por exemplo, para definir a pressão sonora. Porém existem outras situações, por exemplo no que se diz respeito à circuitos eletrônicos com a pretensão medir a amplificação de um sinal ao passar por um dispositivo eletrônico. Sendo assim, o nível em decibéis é medido como:

$$\text{dB} = 20\log\left(\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}}\right) \quad (2.2)$$

Isto significa que se a saída do circuito for igual à sua entrada, então teremos 0 dB. Se colocarmos à saída, o dobro de sinal de entrada, o circuito terá um comportamento de +6 dB, e -6 dB se fizermos o inverso disto.

Em resumo, $-\infty$ significa atribuímos zero à saída; valor negativo significa atenuação do sinal; 0 dB significa sinal igual; e valores positivos significam ampliações dos sinais.

Podemos também definir níveis elétricos. Nem todas as entradas ou saídas dos equipamentos de áudio funcionam com os mesmos níveis elétricos. Por exemplo, o nível elétrico à saída de um microfone é muito inferior ao nível de saída de um amplificador de potência. Sendo assim, definem-se três grandes categorias:

Low Level - Sinais muito fracos, como microfones e pickups de guitarra;

Line Level - Sinais médios, usados essencialmente para interligar aparelhos de áudio;

High Level - Sinais de potência, usados essencialmente para ligação às colunas de caixas acústicas.

Quando se interligam dispositivos de áudio, convém que não se ligue uma saída de uma destas categorias à entrada de outra categoria. Se o nível de sinal se caracterizar por ser forte demais, existirá a distorção. Se o nível do sinal for muito fraco, o ruído de fundo aumenta, obtendo-se, também, um sinal de saída fraco.

Mesmo dentro de uma categoria, existem diferenças. Nota-se em aparelhos de áudio, sinais de entradas ou saídas com a designação de +4 dBu ou -10 dBV. Embora estes sinais sejam considerados *line levels*, os seus níveis são diferentes. O dBu e o dBV utilizam o mesmo princípio de comparação e servem para indicar uma tensão como base num valor de referência. No caso do dBu, utiliza-se 0,775 V e 1 V no caso do dBV:

$$\text{dBu} = 20\log\left(\frac{V}{0,775}\right) \quad (2.3)$$

$$\text{dBV} = 20\log\left(\frac{V}{1}\right) \quad (2.4)$$

O mesmo princípio também se aplica a potências, existindo o dBm e o dBW, que consideram respectivamente 1mW e 1W como referência, com a mudança que em vez de se multiplicar por 20, multiplica-se por 10 por questões de coerência:

$$\text{dBm} = 10\log\left(\frac{\text{Potência}}{0,001}\right) \quad (2.5)$$

$$\text{dBW} = 10\log\left(\frac{\text{Potência}}{1}\right) \quad (2.6)$$

2.1.4. TIMBRE

Segundo ALVARENGA (2008, p. 28), as notas iguais produzidas por diferentes instrumentos musicais permitem que se distinga a sua origem, em função do número de harmônicos que possuem. Isto resulta no timbre de cada instrumento, ou sua coloração tonal. Em outras palavras, timbre é o som típico de cada instrumento.

"O timbre depende do número, da ordem e da intensidade dos diferentes harmônicos associados ao som fundamental (mas não depende das suas fases), e são específicos para cada instrumento (ou seja, cada instrumento tem o seu timbre característico). A mistura dos harmônicos com o som fundamental não modifica a altura, somente o timbre." (ALVARENGA, 2008, p.28).

HORWARD e JAMES (1995) afirmam que, Hermann von Helmholtz, em seu livro "On the Sensations of Tone" montou, no final do séc. XIX, uma teoria que é o fundamento do que hoje se sabe que sobre o timbre. Helmholtz caracteriza os sons como consistentes de uma onda de forma arbitrária fechada em um envelope de amplitude feito de três partes: **ataque** (ou tempo de crescimento), **período estável** e **queda** (ou tempo de queda). O ataque é o tempo que a amplitude de um som leva para sair do zero e subir até o seu valor de pico. O período estável é onde a amplitude é idealmente constante. A queda é o intervalo de tempo aonde o som some (onde a amplitude cai até zero). Pode ser visto na Figura 7 a representação de uma onda sonora delimitando-se o ataque, período estável e queda.

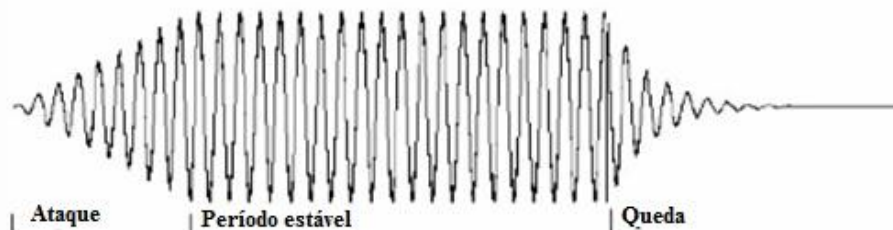


Figura 7 - Representação do ataque, período estável e queda de um som.
 FONTE: HORWARD e JAMES. (1995)

Diferentes sons têm diferentes envoltórios de amplitude. Pode-se pensar, por exemplo, em dois instrumentos como o violino e o piano, e nas características de seus sons em termos de timbre e ver-se-á que suas envoltórias são bem características: o piano tem um ataque curto seguido por um período estável e uma queda longa, se deixarmos a nota solta; já o violino tem um ataque mais lento, observando-se que o som do violino não é tão percussivo como o do piano e um período estável de duração variável, e uma queda curta. Podemos inferir que diferentes maneiras de tocar ou percutir podem resultar em diferentes formas de envelope, e, portanto em diferentes características sonoras. O envelope de amplitude (isto é, a maneira em que a amplitude de um som varia no tempo) é, pois, muito importante no modo como se percebe diferentes sons. Helmholtz descobriu também que sons que evocam uma sensação definida de altura correspondem a ondas periódicas (ou seja, ondas que sempre se repetem em um certo período de tempo). Ele estabeleceu que a forma dessas ondas tem grande influência no timbre percebido de um som. Para relacionar melhor a maneira com que a forma de onda e o timbre se relacionam, ele usou o legado teórico de Fourier que provava que qualquer onda periódica pode ser decomposta em um conjunto único de componentes senoidais. Portanto qualquer forma de onda pode ser descrita em termos de suas componentes senoidais e cada componente senoidal será caracterizada por três parâmetros: frequência, amplitude e fase relativa à fundamental. Os dois primeiros parâmetros têm uma grande importância para a definição do timbre.

A descrição qualitativa de um som brilhante correlaciona-se com espectros que possuem muita energia nas frequências altas, ou seja, componentes agudos com amplitudes bem significativas.

A Figura 8 a seguir mostra um exemplo de uma forma de onda gerada ao tocar um acorde Lá em um violão elétrico Strinberg. Sua forma de onda caracteriza o timbre do violão no acorde escolhido.

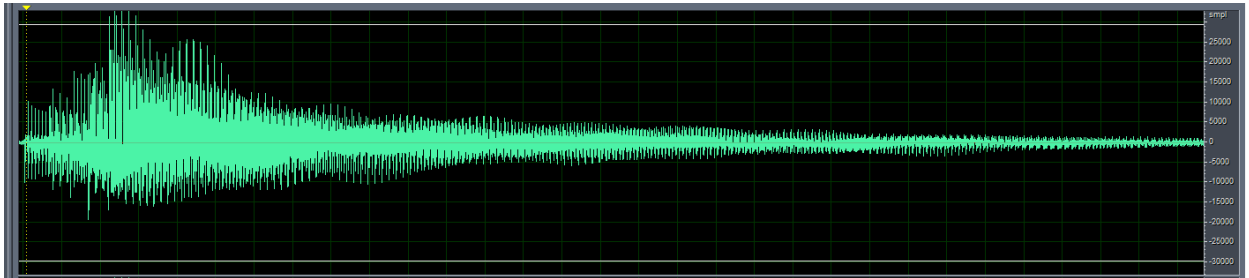


Figura 8 - Forma de onda de um acorde Lá, tocado por um violão elétrico Strinberg
FONTE: Autor.

2.1.5. FREQUÊNCIA

Segundo FONSECA (2007, p. 6), praticamente todos os sons são constituídos por diversas frequências distintas e não apenas por uma única. Mesmo uma nota tocada por um baixo elétrico pode ter frequências espalhadas por quase toda gama audível, embora haja diferença de intensidade entre notas mais graves e mais agudas.

Como cada som gera muitas frequências diferentes, se torna trabalhoso e muito difícil remover um instrumento de uma determinada gravação, por exemplo. Os instrumentos adicionam tantas frequências ao longo de uma gravação que se torna impossível saber exatamente que frequências são de qual instrumento.

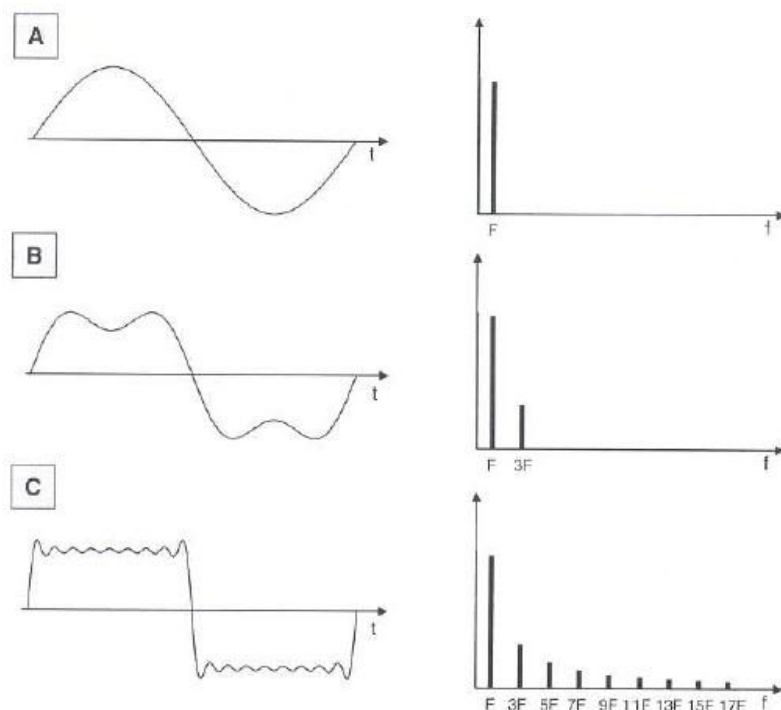


Figura 9 - (A) Apenas a frequência fundamental (B) fundamental e terceiro harmônico e (C) diversos harmônicos.

FONTE: FONSECA (2007, p. 7).

Em muitos sons, existe uma frequência principal que se destaca e que se designa por frequência fundamental, como visto na Figura 9 (a). Cada frequência adicional a esta, denomina-se de harmônicos. Por exemplo, no caso da onda quadrada (Figura 9 C), observa-se a frequência fundamental à esquerda (F) seguida de diversos harmônicos ($3F, 5F, 7F$, etc.).

É com base na frequência fundamental que os músicos atribuem as notas aos diversos tipos de sons. A nota Lá, por exemplo, possui uma frequência fundamental de 440 Hz. Este mesmo Lá tocado uma oitava acima, terá o dobro do valor, sendo assim, 880 Hz, e uma oitava abaixo, terá metade do valor, sendo este valor 220 Hz. (FONSECA, 2007).

Pode haver sons que não apresentam uma frequência fundamental, no caso, que não existe uma frequência que se destaque. Neste caso, não se pode ser identificada uma nota musical no som, ou seja, nenhum músico pode dizer se o som é um Dó ou um Ré, por exemplo. Um grande exemplo disto seria o som de um tambor. Não se pode dizer que o som de um tambor soará como um Lá, ou de outra nota qualquer. Porém, não significa que não haja uma

percepção de altura. Esticando ou dando folga a pele do tambor, se detecta se o som é mais agudo ou grave.

Se o timbre de um som diz respeito à sua forma de onda, e se a forma de onda diz respeito às frequências constituintes do som, então mudando a intensidade dessas frequências, conseguimos alterar o timbre do som. Este seria o trabalho, por exemplo, de um equalizador - altera as intensidades das diversas frequências que constituem o som. Por exemplo, ao pegar um som de baixo elétrico e diminuir a intensidade dos harmônicos mais agudos, conseguimos obter um som mais "acústico" e menos "elétrico", faz-se a alteração em seu timbre. (FONSECA, 2007).

Segundo ALVARENGA (2008, p. 19), as vibrações sonoras são divididas, quanto à frequência, em três tipos:

- As ondas sonoras propriamente ditas, ou faixa audível, que abrange a faixa aproximada entre 16 a 20 Hz até 20.000 Hz;
- As ondas sonoras infrassônicas, ou infrassons, cuja frequência está abaixo de 16 a 20 Hz;
- As ondas sonoras ultrassônicas, ou ultrassons, cuja frequência está acima de 20.000 Hz.

As duas últimas não podem ser percebidas pelo ouvido humano. Entretanto, animais podem perceber os infrassons, como por exemplo, os elefantes, e os ultrassons, como por exemplo, os cachorros e morcegos.

A faixa audível (20 Hz até 20 kHz) pode ser subdividida em três partes (Figura 11):

- Os sons graves, de mais baixa frequência (de 20 Hz até 200 Hz);
- Os sons médios, de média frequência (de 200 Hz até 6,3 kHz);
- Os sons agudos, de mais alta frequência (de 6,3 kHz até 20 kHz).

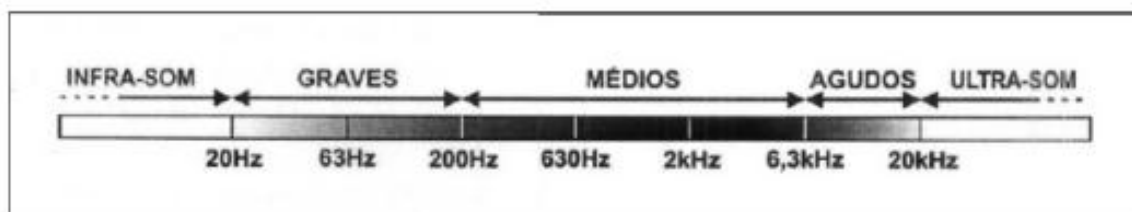


Figura 10 - Delimitações de frequências.

FONTE: <http://www.scribd.com/doc/19771336/114/Frequencias-graves-medias-e-agudas>

A título de curiosidade, a voz masculina em uma conversação geralmente fica compreendida entre as frequências de 100 a 200 Hz, e a feminina, entre 200 e 400 Hz. Deste modo, conclui-se que a voz masculina é mais grave, e a feminina, mais aguda.

Ao citar os instrumentos musicais, a frequência máxima que eles podem emitir está por volta de 4.200 Hz (entretanto, seus harmônicos podem ir até a frequência de 16.000 Hz ou mais). (ALVARENGA 2008, p. 20).

Os gráficos a seguir, na Figura 11, mostram as faixas de sons citadas, em termos de frequências.

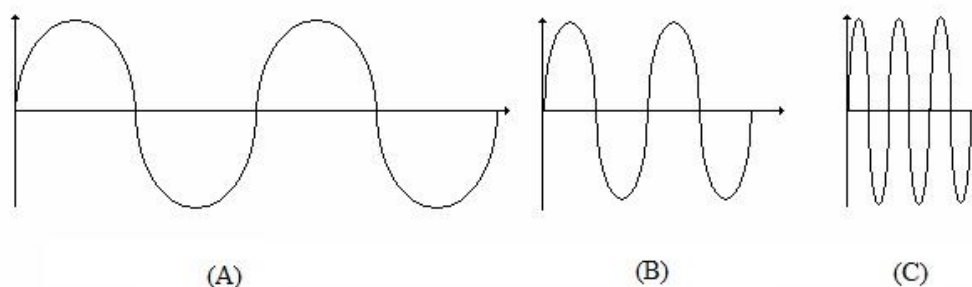


Figura 11 - (A) Frequências graves; (B) Frequências médias; (C) Frequências agudas.
Fonte: ALVARENGA (2008, p. 20).

2.3. GRAVAÇÃO DIGITAL

FONSECA (2007, p. 250) afirma que quase todo tipo de gravação é feito em formato digital e, na maioria dos casos, diretamente para o computador através de uma placa de som. Uma das situações mais preocupantes em uma gravação é a existência de distorção na forma de onda.

Uma gravação não deve ser feita utilizando técnicas de compressão (MP3, MiniDisc, etc.). Pode se passar a notar-se a degradação evidente da qualidade sonora ou até mesmo da fidelidade sonora.

O conceito da gravação digital é ligeiramente diferente da analógica. O sinal é medido constantemente. Essas medições são convertidas em impulsos elétricos de zeros e uns (que correspondem aos números das medições), e no final o sinal é reconstituído novamente, como se vê na Figura 12.

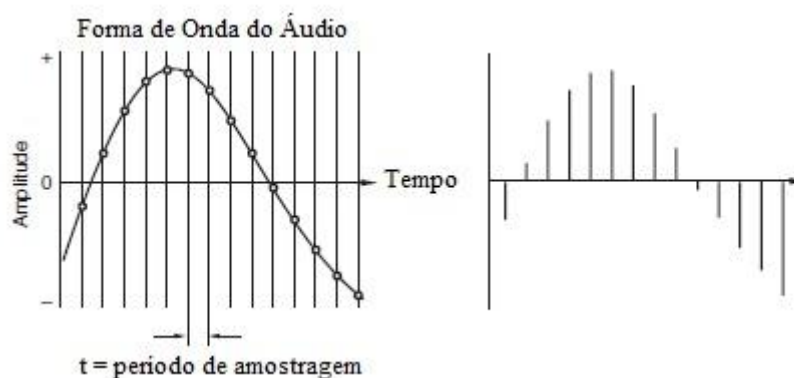


Figura 12 - Sinal Digital.
 FONTE: RUMSEY (2004, p. 14).

Qualquer sinal elétrico está sujeito a situações que podem alterar o próprio sinal: poluição eletromagnética, limitações técnicas dos equipamentos, etc. Quando isso acontece a um sinal analógico, há perda de informação sem uma forma de recuperá-la. No sinal digital só existem dois estados possíveis 0 ou 1 e são precisos muitos danos para que os aparelhos não consigam distinguir o 0 do 1, significando que o sinal não perde qualidade, como apresentado na Figura 13.



Figura 13 - Influência do ruído no áudio analógico e digital
 FONTE: RUMSEY (2004, p. 15).

2.3.1. TÉCNICAS DE GRAVAÇÃO DIGITAL

2.3.1.1. AMOSTRAGEM

Segundo FONSECA (2007, p. 149), para obtermos um sinal digital é necessário efetuar constantemente medições do sinal de entrada. Se essas medições forem efetuadas a uma determinada frequência (frequência de amostragem), pode-se captar sinais com frequências até metade desse valor.

O áudio utiliza frequências que vão até aos 20 kHz, por conta da percepção auditiva humana. Precisamos, então, de uma frequência de amostragem de pelo menos 40 kHz, ou seja, fazer 40000 medições por segundo. Para existir alguma margem de manobra, opta-se pelo valor 44,1 kHz (usada nos CD de áudio) ou 48 kHz.

Uma segunda análise esta relacionada à precisão dessas medições. Para medir o sinal de entrada, o conversor analógico-digital (encontrado dentro da placa de captura) irá considerar um conjunto de intervalos que correspondem aos valores possíveis da medição. Quanto mais intervalos existirem, maior será a precisão da medida.

A resolução aparece indicada em número de bits. Um bit representa um de dois estados ou intervalos possíveis: 0 ou 1. Ao aumentarmos o número de bits, aumentamos o número de intervalos (com 2 bits podemos representar 4 valores diferentes. 00, 01, 10, 11). Com "n" bits, podemos representar 2^n valores, onde se tem a quantização da onda de tensão, como se percebe na Figura 14.

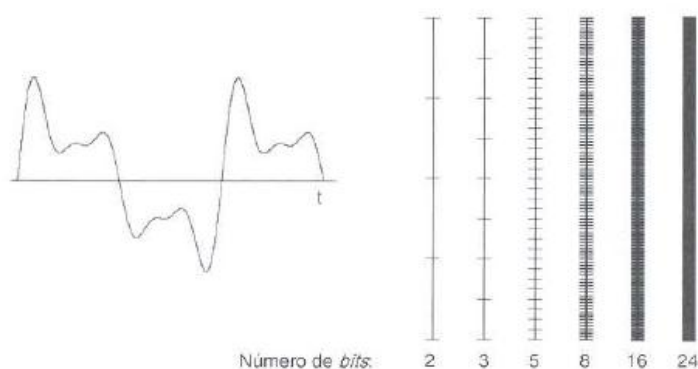


Figura 14 - Quantização.
 FONTE: FONSECA (2007, p. 144).

2.3.1.2. FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM E RESOLUÇÃO

FONSECA (2007, p. 144) afirma que, em um consenso geral, uma resolução de 24 bits é bastante vantajosa e deve ser usada principalmente na fase de produção e pós-produção. Resoluções maiores como 32 bits, são usadas apenas para processamento interno de aparelhos e, resoluções menores (16 bits), poderão ser aceitáveis numa altura em que o áudio não necessite mais processamento (por exemplo, o CD). Quanto maior for a resolução, maior vai ser a diferença entre o som mais fraco e o mais forte reproduzíveis pelo sistema. Com 16 bits conseguimos ter uma variação de intensidade superior a 90 dB enquanto 24 bits alcançam-se 140 dB.

Com relação à frequência de amostragem, FONSECA afirma que não há consenso entre os especialistas. Um adendo que poderia ajudar na dúvida é que um conversor digital que esteja preparado para trabalhar a 96 kHz, terá extrema precisão na medição do sinal sonoro na faixa de 20 Hz a 20 kHz, algo que um conversor a funcionar a 44,1 kHz ou 48 kHz pode não ser. Se a gama captada se estender até aos 40 kHz, significa que menos ruído existirá na gama até aos 20 kHz. FONSECA (2007, p. 145) afirma que embora não se sabe se o ser humano será capaz de ouvir frequência acima dos 20 kHz, consideramos que ao utilizar frequências de amostragem superiores a 44,1 kHz ou 48 kHz são vantajosas, não por reproduzirem frequências acima dos 20 kHz, mas por conseguirem uma melhor qualidade na gama de 20 Hz a 20 kHz. Neste momento, a postura mais adotada no mundo do áudio seria de 96 kHz a 24 bits. A Tabela 2 apresenta resumo da quantização.

BITs	Alcance dinâmico aproximado em dB	Aplicação
8	44	Baixa-moderada qualidade para geração interna de som para PCs velhos. Algumas aplicações antigas de multimídia.
12	68	Samplers AKAI antigos, ex. S900.
14	80	Formato EIAJ original de adaptadores PCM, como Sony PCM-100
16	92	Padrão de CD, padrão de DAT. De uso comum em altas resoluções de qualidade para consumidores, alguns gravadores profissionais e multimídia de PCs.
20	116	Gravação e aplicação de masterização de alta qualidade profissional.
24	140	Máxima resolução do mais recente sistema de gravação. Alcance dinâmico excede os requerimentos da psicoacústica. Difícil de converter com precisão nesta resolução.

Tabela 2- Quantização linear de resoluções.
 Fonte: RUMSEY (2004, p. 37).

2.4. EQUIPAMENTOS DE GRAVAÇÃO

2.4.1. INTERFACE DE ÁUDIO M-AUDIO FAST TRACK C400

A M-Audio Fast Track C400 consiste em uma interface de áudio usada para capturar, gravar e mixar sinais de áudio. Possui uma excelente qualidade de áudio e permite que se ouçam os mesmos em um sistema interno de gestão de monitor. Possui uma saída USB para facilmente conectar-se com um computador e, assim, gravando o sinal de áudio em um software especial (Cubase, ProTools, etc).

Suas especificações são:

- Gravações de 24-bit/96 kHz;
- Captura e reproduz múltiplas fontes com o design 4-input/6-output (4 entradas/6 saídas);
- Duas linhas de pré amplificadores de alta qualidade de microfone no painel traseiro;
- Dois painéis frontais com entradas de instrumento Jack (P10) 1/4";
- 20 dB em cada pré amplificador para captar sinais sem distorção;
- Alimentação fantasma (Phantom Power) para microfones condensadores;
- Quatro saídas analógicas balanceadas com sistema de monitor de gestão (orador-switching);
- Uma saída de fone de ouvido com controle de volume independente;



Figura 15 - Interface de áudio M-Audio Fast Track C400.

FONTE: <http://www.avid.com/US/products/Fast-Track-C400/Features#Details>

Em Anexo A, encontram-se as características da M-Audio Fast Track C400.

2.4.2. MICROFONE

Segundo FONSECA (2007, p. 19), "o princípio de qualquer microfone é converter uma variação da pressão do ar para um sinal elétrico diretamente proporcional".



Figura 16 - O microfone converte variações da pressão sonora em variações de corrente elétrica.

Fonte: FONSECA (2007, p. 19).

Segundo OWSINSKI (2009, p. 2), o funcionamento dos microfones consiste em uma onda de som causar movimento em um diafragma fino metálico e uma bobina de fio em anexo que está localizada dentro de um ímã permanente. Quando a onda de som faz o diafragma vibrar, as bobinas conectadas também vibram no campo magnético, causando uma corrente elétrica, apresentado na Figura 17.

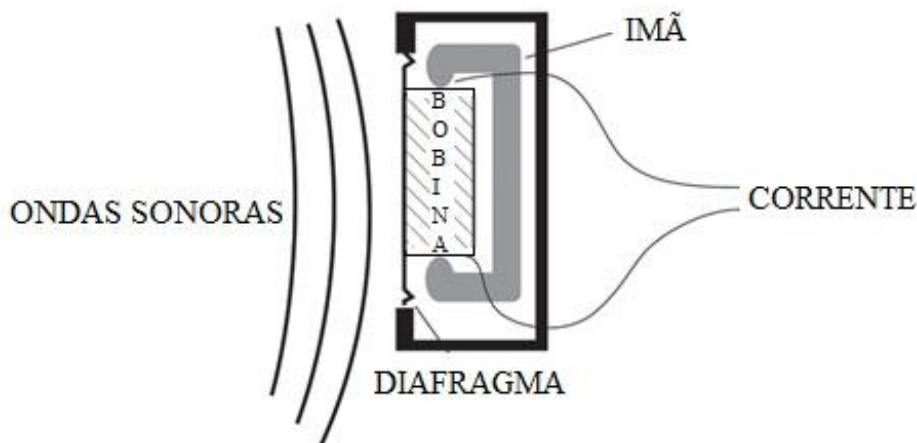


Figura 17 - Diagrama de um microfone dinâmico.
 Fonte: OWSINSKI (2009, p. 2).

Segundo FONSECA (2007, p. 20), do ponto de vista de áudio profissional, são utilizados dois tipos de microfones, os dinâmicos e os condensadores.

Os microfones condensadores são constituídos por duas superfícies condutoras separadas por um isolante. Quando se varia a distância entre as duas superfícies condutoras, altera-se a capacitância do condensador. Seu princípio de funcionamento consiste no som provocar um movimento de uma das superfícies condutoras, variando as características do condensador.

Os microfones dinâmicos são constituídos por uma membrana ligada a uma bobina. O som provoca o movimento desta membrana, que faz com que a bobina se mova. Como dentro do microfone existe um tipo de ímã, o movimento da bobina nesse campo magnético vai criar uma pequena corrente elétrica. Na Figura 18 têm-se exemplos de dois microfones comerciais: um condensador e outro dinâmico.



Figura 18 - Dois tipos de microfones: (A) AKGC1000S (condensador) e (B) ShureSM58 (dinâmico).
Fonte: FONSECA (2007, p. 20).

2.4.2.1. DIRETIVIDADE DO MICROFONE

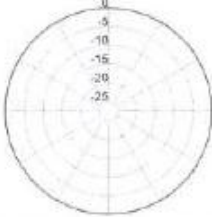
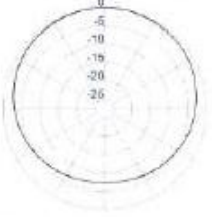
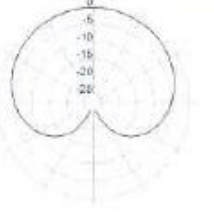
Segundo FONSECA (2007, p. 21), os microfones podem ter diretividades diferentes.

Nos microfones de pressão, por exemplo, qualquer som, independentemente da direção, provoca alterações de pressão em sua membrana, sendo captado pelo microfone. Como ele capta o som vindo de todas as direções, é chamado de omnidirecional.

Nos microfones gradiente de pressão, as alterações de pressão provocadas pelo som são sentidas dos dois lados da membrana. Isto significa que se o som tiver uma direção perpendicular a capsula do microfone, irá provocar a mesma alteração de pressão em ambos os lados da membrana, fazendo com que ele fique imóvel e não captar som nenhum. Se a onda de som vier da parte da frente ou da parte de trás, a pressão de ar será diferente nos dois lados da membrana, e então, será captado. Também podemos chamar este tipo de microfone de bidirecional, ou também chamado de *figure-of-eight* (Figura de oito).

Alguns microfones apresentam uma solução com que sua diretividade seja uma combinação de omnidirecional e bidirecional. Os microfones cardioides, por exemplo, possuem a componente omnidirecional igual a bidirecional (50% cada).

A Tabela 3 apresenta as características dos microfones Omnidirecionais, subcardioide e cardioide.

Microfone	Omnidireccional	Subcardióide	Cardióide
Diagrama polar			
Componente omnidireccional	100%	70%	50%
Componente bidireccional	0%	30%	50%
Ponto nulo	-	-	180°
Saída a 90°	0 dB	-3 dB	-6 dB
Saída a 180°	0 dB	-8 dB	-∞ dB

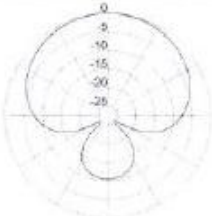
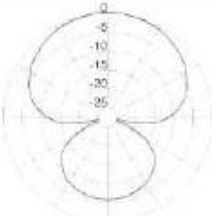
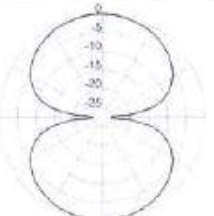
Microfone	Supercardióide	Hipercardióide	Figure-of-eight
Diagrama polar			
Componente omnidireccional	37%	25%	0%
Componente bidireccional	63%	75%	100%
Ponto nulo	126°	110°	90°
Saída a 90°	-8,6 dB	-12 dB	-∞ dB
Saída a 180°	-11,7 dB	-6 dB	0 dB

Tabela 3 - Diversos tipos de diretividade e suas características.
 Fonte: FONSECA (2007, p. 23).

2.4.3. MICROFONES UTILIZADOS

2.4.3.1. SHURE SM-58

O Shure SM58 foi projetado para uso em performances profissionais de vocal ao vivo, reforço sonoro e gravação em estúdio.

O padrão polar cardioide extremamente eficiente do SM58 isola a fonte principal de áudio frontal e minimiza a captação de sons laterais e traseiros. Ainda, o globo circular com filtro antipop é eficiente em anular ruídos de respiração e de vento.

Suas principais características são:

- Resposta de frequência ajustada para reprodução natural e captação precisa de vocais;
- Padrão polar cardioide uniforme para máxima rejeição a sons fora do eixo de captação e traseiros;
- Globo circular com filtro anti-pop elimina ruídos de respiração e de vento;
- Corpo fabricado em metal resistente para suportar uso constante;
- Resposta de Frequência: 50 Hz a 15 kHz;
- Cápsula de reposição: R59.

Ao Anexo B, encontram-se as especificações do microfone Shure SM-58 retirados do site: <http://www.shure.com/americas/products/microphones/sm/sm58-vocal-microphone>. A Figura 19 apresenta a sua resposta em frequência. A Figura 20, o padrão de captação e as dimensões na Figura 21

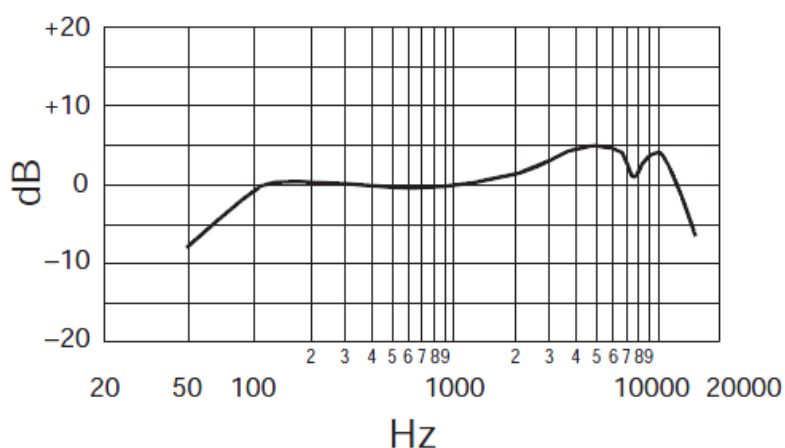


Figura 19 - Gráfico de dB por frequência do Shure SM-58.

FONTE:

<http://www.shure.com/americas/products/microphones/sm/sm58-vocal-microphone>

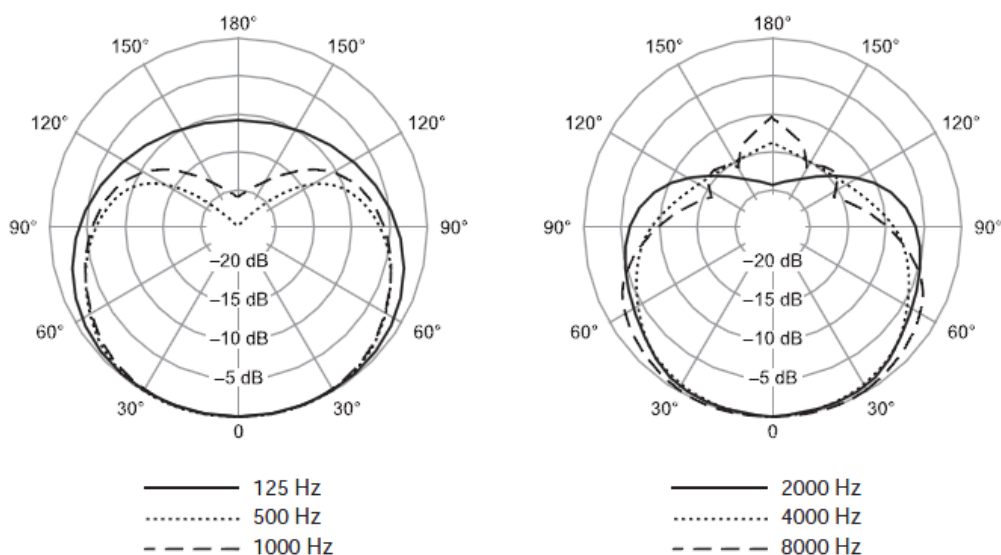


Figura 20 - Padrão de captação cardioide do Shure SM-58

FONTE: <http://www.shure.com/americas/products/microphones/sm/sm58-vocal-microphone>

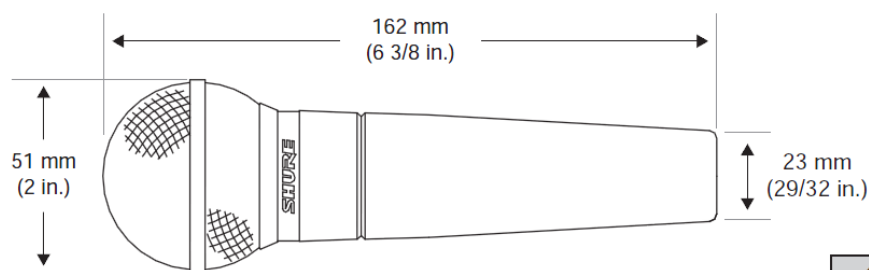


Figura 21 - Dimensões do Shure SM-58.

FONTE: <http://www.shure.com/americas/products/microphones/sm/sm58-vocal-microphone>.

2.4.3.2. BEHRINGER B-1

Microfones condensadores são a uma escolha ideal para os vocais de captura e instrumentos acústicos. Eles são o principal tipo de microfone usado em estúdios de gravação e estações de rádio. São capazes de capturar muito mais detalhes do que os microfones dinâmicos por causa de sua ampla resposta de frequência. Outra diferença entre o condensador e microfones dinâmicos é que eles contêm circuitos ativos que requerem alimentação externa (+48Vdc intitulado *Phantom Power*, proveniente de um mixer comum) para a operação.

O microfone usado, B1, possui uma resposta em frequência de 20 Hz a 20 kHz. O B-1 também tende a ser livre de ruído de transmissão.

O B-1 também possui um atenuador de -10dB chaveável para capturar fontes de alto volume de sinal sem distorção, bem como um filtro passa baixa para eliminar sons causados por estrondo chão, turbulência e outros.

Suas principais características e especificações estão em Anexos C.

A Figura 22 apresenta sua resposta em frequência e a Figura 23 seu padrão de captação.

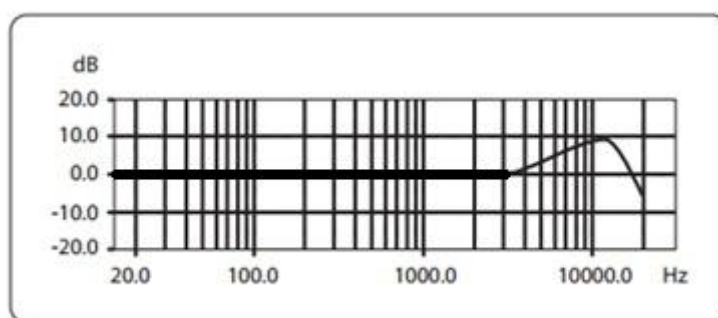


Figura 22 - Resposta em frequência do Behringer B-1.
Fonte: http://www.behringer.com/assets/B-1_P0142_S_YY.pdf.

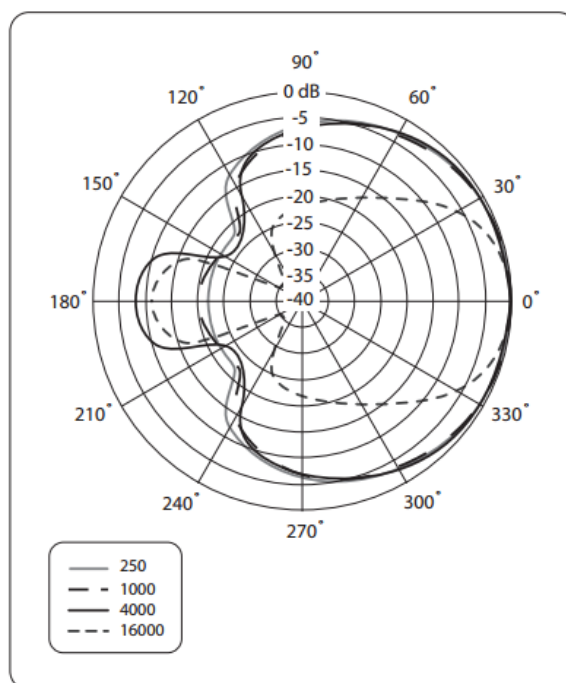


Figura 23- Padrão de captação cardioide do Behringer B-1
FONTE: http://www.behringer.com/assets/B-1_P0142_S_YY.pdf

2.4.4. CABOS

Segundo MILSTEAD (2003, p. 32), planejar a compra do cabo utilizado para gravação não é apenas uma questão de "cosmética". Cabos muito compridos podem causar ruídos adicionais no caminho do sinal e cabos muito curtos podem causar incômodos.

Existem os cabos com baixa resistência, que significa um sinal mais forte. Também cabos com baixa capacitância, que significa melhor resposta em frequência. Um cabo com uma boa resistência terá resistividade inferior a 100 ohms por 1000 pés, enquanto que a capacitância é tipicamente abaixo de 100 pF por pé (um pé equivale a 30,48cm).

A conexão entre o cabo e seu conector é a principal responsável pelas falhas dos cabos. Raramente isso acontece por causa de alguma quebra no meio do mesmo.

A Figura 24 mostra os cabos de baixa impedância e alta impedância respectivamente. Os cabos devem ser protegidos, seja ele de alta ou baixa impedância. Não se devem usar cabos sem blindagem senão para alto-falantes.



Figura 24 - Cabo de baixa impedância e alta impedância respectivamente.
 FONTE: MILSTEAD (2003, p. 34).

No mundo inteiro, audiófilos afirmam que cabos melhorados provocam melhorias significativas nos sistemas de áudio e outros afirmam que eles apenas alteram algumas características.

Sabe-se que o cabo elétrico tem função de transportar um sinal elétrico. Assim, é possível fazer um cabo interferir nas características do sinal elétrico, que por sua vez possui informações que irão recompor sons gravados em

sinais acústicos no final da cadeia de equipamentos. Apesar disso, afirma-se que essas interferências nas características do sinal elétrico não são tão grandes assim como algumas publicações comentam. (MARTINS, 2011).

Um simples cabo de cobre de boa qualidade e conectores bem feitos são capazes de transportar fielmente os sinais elétricos de áudio. Um bom cabo faz diferença, mas não precisam ser caros para isso. Hoje é possível encontrar cabos com ligas de cobre e prata e conectores banhados a ouro por preços acessíveis. Cabos encarecidos, constituídos de materiais mais caros encontrados no mercado, podem interferir no som para provocar alguma diferença e acabam por prejudicar o sistema como um todo. (MARTINS, 2011).

KNIRSCH (2012) afirma que, ao pegar dois fios de cobre responsáveis pela transmissão do sinal de áudio e aumentar o comprimento deles e fazer medições ao longo de sua extensão, nota-se pequenas diferenças entre o sinal de entrada e de saída. À medida que se aumenta a distância do cabo, como o nível do sinal de saída vai ficando cada vez menor e alterado em relação ao do sinal de entrada, a defasagem, que no início era pequena, vai se alterando ainda mais e os seus efeitos vão se tornando cada vez mais audíveis. A característica fundamental que se deseja de um cabo transmissor de áudio é que, o sinal de entrada deve ser reproduzido na saída da mesma forma como foi capturado, na mesma amplitude, com a mesma fase, em todas as frequências.

Em outras palavras, o equilíbrio tonal é o parâmetro mais importante a ser preservado em um cabo, fora as suas outras características, que também deverão ser mantidas, como corpo harmônico, dinâmica e transientes. O equilíbrio tonal pressupõe que os graves, médios e agudos sejam reproduzidos com a mesma intensidade e com a mesma fase, para não criarem problemas com os transientes e a dinâmica. Em resumo, um cabo deverá ser absolutamente neutro.

Um bom cabo deve ter a mais baixa resistência ôhmica possível, para se reduzir ao máximo as perdas ao longo do caminho e para se evitar que outras não linearidades sejam geradas. Para isso, o metal empregado deverá possuir a melhor condutividade possível. A prata pode ser uma boa escolha por ter

uma excelente condutividade, porém, não é uma escolha tão viável pelo preço que apresenta. O cobre, apesar de apresentar oxidação baixa, possui óxidos de cobre, que são semicondutores. Assim, os chamados cobre OFC (*Oxygen Free Cooper*, ou Cobre livre de oxidação em português) e cobre OFHC (*Oxygen Free High Cooper*), isentos desses óxidos, têm sido muito usados, conseguindo-se uma resistência ainda menor. A Figura 25 apresenta a variação da resistência do cabo em função da frequência levando em conta o efeito peculiar. (KNIRSCH, 2012).

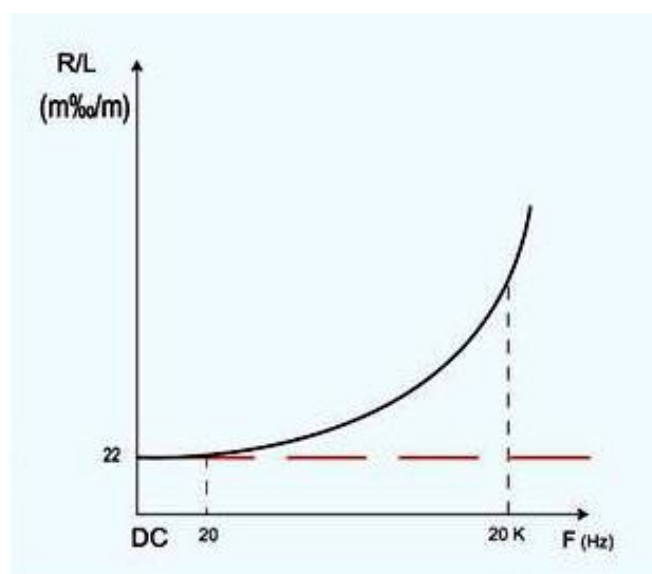


Figura 25 - Variação, por metro, da resistência ôhmica de um fio rígido, de 1mm² de seção, em relação à frequência do sinal sonoro de entrada (a 20 graus °C).

FONTE: Autor.

Os dois cabos de microfone utilizados no presente trabalho foram:

- Hayonik Noiseless Microphone (Figura 26), com dois conectores XLR nas pontas (um macho e uma fêmea). Cabo noiseless 22AWG 6mm blindado com carbono e malha trançada em cobre. Considera-se um cabo bastante comum e barato. Custo médio no mercado brasileiro de 35 reais.



Figura 26 - Cabo Hayonik Noiseless Microphone
FONTE: <http://www.hayonik.com>

- Volcano Interconnects (Figura 27), com dois XLR banhados a ouro nas pontas (macho e fêmea), conectores DHLabs SILVER SONIC. Utilizam-se fios de cobre puro OFC aeroespacial. Possui revestimento interno de polietileno neutro e uma blindagem em cobre OFC. Também possui uma soldagem com utilização de um composto de prata e cobre. Custo médio no mercado de 1000 reais.



Figura 27 - Cabo Volcano Interconnects.
FONTE: <http://www.logicalcables.com.br>

2.4.5. CONECTORES

Segundo FONSECA (2007, p. 60), existem diversos tipos de conectores utilizados em áudio: XLR, *Jack 1/4"* (conector P10), *Jack 3,5mm* (conector p2) e RCA.

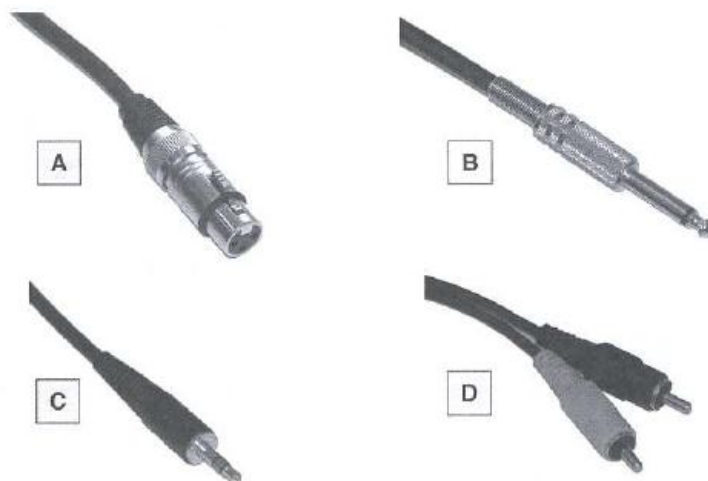


Figura 28 - Conectores: (A) XLR; (B) *Jack 1/4'* (p10); (C) *Jack 3,5mm* (p2) e (D) RCA.

FONTE: FONSECA (2007, p. 61).

2.4.5.1. XLR

O conector XLR é usado para ligações balanceadas, possuindo três pinos de ligação: *hot* (quente, pino 2), *cold* (frio, pino 3) e *ground* (terra, pino 1), como nota-se na Figura 29. A massa é usada apenas para efeitos de blindagem e a diferença entre *hot* e *cold* responsável pelo transporte do sinal. Geralmente, *hot* é representado por "+" e *cold* por "-". Pelo fato de serem conectores metálicos, é bastante útil para sinais fracos, uma vez que funcionam como blindagem nas terminações.

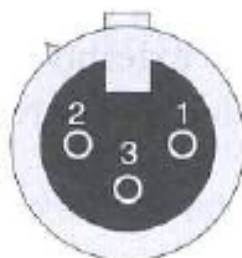


Figura 29 - Conector XLR.

FONTE: FONSECA (2007, p. 60).

Os conectores XLR (Figura 29) apresentam um chanfro de forma para melhorar a robustez mecânica. Os cabos XLR apresentam sempre um conector XLR macho em uma extremidade e um conector XLR fêmea na outra

extremidade. Mais importante, pode-se citar que este conector é muito utilizado em microfones.

2.4.5.2. JACK

O *Jack* (p10) de 1/4" (6,35mm) é um dos conectores mais utilizados em áudio. Existem dois formatos diferentes: TS (2 bornes de ligação: *Tip* e *Sleeve*) e TRS (com 3 bornes de ligação: *Tip*, *Ring* e *Sleeve*), como se vê na Figura 30. Os primeiros são denominados de *Jack Mono*, apenas têm dois contatos e transportam um sinal áudio não balanceado. Os TRS têm três contatos e podem ser utilizados para transportar um sinal mono balanceado, um sinal estéreo não balanceados ou para fazerem derivações do tipo *insert* (ver Tabela 4).



Figura 30 - Jack 1/4" (A) TRS e (B) TS.
FONTE: FONSECA (2007, p. 60).

A ligação de *headphones* (fones de ouvido) é possivelmente a única situação onde é utilizado um *jack* TRS para o transporte do sinal de áudio.

As derivações de *insert* (inserção), mostrado na Figura 31, são cabos bifurcados, sendo usadas em *mixers* de forma a inserir algum processamento a meio do canal, ou seja, o conector *insert* transportaria dois sinais: o que sai do *mixer* e que vai ligar à entrada do aparelho externo; e o sinal que retorna ao *mixer*, vindo da saída do aparelho externo.



Figura 31 - Cabo *Insert*.
 FONTE: FONSECA (2007, p. 62).

A utilização de jacks TRS para ligações mono balanceadas é algo que vem sendo utilizado com maior frequência nos dias de hoje. Muitos aparelhos passam a ter entradas e saídas em conectores TRS de forma a suportar sinais balanceados e sinais não balanceados. A Tabela 4 mostra diversos usos para conectores tipo *Jack*.

Utilização	Ligação	Tipo de Jack	Tip	Ring	Sleeve
<i>Mono</i>	Não-balanceada	TS	Sinal	-	Massa
<i>Mono</i>	Balanceada	TRS	Hot (+)	Cold (-)	Massa
<i>Stereo</i>	Não-balanceada	TRS	Left	Right	Massa
<i>Insert</i>	Não-balanceada	TRS	Sinal (<i>send</i>)	Sinal (<i>return</i>)	Massa

Tabela 4 - Diversas utilizações para conectores do tipo *Jack*.
 FONTE: FONSECA (2007, p. 63).

O *Jack* menor, conhecido como p2 (3,5mm), é comumente usado para ligações de microfones e headfones em equipamentos de consumo, como mp3 *players*. Os modelos de placas de som mais usadas para o consumo também usam o *jack* de 3,5mm para suas entradas e saídas de som. A Figura 32 apresenta tipos de conectores *jack*.



Figura 32- (A) *Jack* de 3,5mm (p2) e (B) respectivo adaptador para *jack* de 1/4" (p10).
 FONTE: FONSECA (2007, p. 63).

2.4.5.3. RCA

Conectores RCA são utilizados essencialmente em equipamentos *Hi-Fi* (leitores de CD, *deck* de cassetes, etc.). Sua utilização no áudio profissional normalmente está associada a esse tipo de equipamento (por exemplo, mesa de mistura com uma entrada estérea RCA para ligação de um leitor de CD). Como cada conector RCA têm dois contatos (condutores), só pode transportar um sinal, sendo assim, para transportar um sinal estéreo precisamos de dois conectores. Geralmente, utiliza-se um conector branco para o canal esquerdo e vermelho para o canal direito, como apresentado na Figura 33.

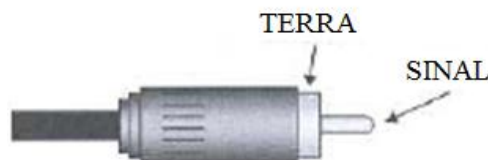


Figura 33 - Conector RCA.
FONTE: FONSECA (2007, p. 64),

2.5. TÉCNICAS DE GRAVAÇÃO

2.5.1. GRAVAÇÕES DE VIOLÃO

MILSTEAD (2003, p. 75) afirma que, para gravação de um violão acústico, será necessária a utilização dos microfones, citados no presente trabalho, para captação do som reproduzido pela boca do mesmo. Também se pode captar o som do violão (se ele for do tipo elétrico) através dos seus captadores situados no interior do corpo do mesmo, com uma conexão do violão diretamente em uma interface de áudio (citado posteriormente).



Figura 34 – Captando o som da boca do violão
Fonte: HUBER e RUNSTEIN (2005, p. 155).

Podemos também gravar o violão elétrico plugando-o diretamente a uma interface de áudio (Figura 35). Sendo assim, a interface de áudio recebe o sinal de áudio reproduzido pelo violão e o reproduz em suas saídas, sendo possível captá-lo através da saída digital (pelo dispositivo USB) da própria interface. Este processo tende a eliminar o fato de escolher um ambiente adequado para gravação com maior isolamento, pois esta se captando o som diretamente do violão.



Figura 35 - Gravação do violão diretamente na interface de áudio.
FONTE: Autor.

2.5.2. GRAVAÇÃO DA VOZ

Para HUBER e RUNSTEIN (2005, p. 170), de um grito a um sussurro, a voz humana é uma fonte de som versátil que apresenta uma gama dinâmica e timbre que é acompanhado por alguns outros instrumentos. A voz grave do indivíduo masculino pode idealmente se estender de 82 a 293 Hz com sibilantes harmônicos estendidos para 12 kHz. A voz soprano superior pode variar para cima a 1050 Hz com as harmônicas, que também sobem a 12 kHz.

OWSINSKI (2009, p. 225) afirma que, não necessariamente o melhor microfone que se possui capta o melhor som de uma voz. Uma forma de um vocalista obter melhor gravação é aproximadamente a uma mão aberta de distância do microfone, como na Figura 36.



Figura 36 - Distância do vocalista do microfone.
FONTE: OWSINSKI (2009, p. 225).

De forma geral, sons de vozes soam melhores em espaços de pequenas dimensões. O local de gravação para voz deve ser de pequena dimensão, mas não tão "apertado" de forma em que exista uma perda da extremidade superior e do ar. Salas com teto baixo também podem ser um problema para cantores que costumam gravar vocais altos.

Deve se colocar o microfone acima dos lábios, assim a respiração da pessoa que está gravando a voz estará bem abaixo da cápsula do microfone.

Mova o microfone 7,5 cm a 10 cm acima da boca do cantor e aponte-o para baixo em direção da boca. Isso também limpa barulhos e sons nasais desnecessários.



Figura 37 - Microfone direcionado para cima do cantor.
FONTE: OWSINSKI (2009, p. 226)

3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

3.1. MÉTODO DE GRAVAÇÃO E REPRODUÇÃO

Para tornar o presente trabalho viável, definiram-se constantes experimentais para que não houvesse erros na parte de análise. Escolheu-se um ambiente adequado para gravação e gravaram-se todos os áudios nele. Utilizaram-se os microfones Behringer B1 para gravação da voz e do Ruído Branco, e Shure SM58 para gravação dos áudios de violão. Para captura e recaptura do áudio, foi utilizada a interface de áudio Fast Track C400 da M-Audio e um notebook contendo o software Cubase. Os cabos analisados foram os citados no presente trabalho - Volcano e Hayonik. Por fim, analisaram-se os áudios recapturados pelo próprio Cubase, que possui a função *Spectrum Analyzer*, permitindo-se, assim, a análise do nível em dBV e de tensão em volts dos harmônicos que compõe o áudio recapturado.

Utiliza-se, primeiramente, uma sala acusticamente tratada para a gravação de todos os áudios. Esta sala tem 5,10m de largura 8,5m de comprimento e 2,65m de altura. Possui forro de gesso perfurado com lã de vidro para absorção. As laterais das paredes são feitas com tijolos de gesso vazado com aberturas retangulares e interiores ociosos. A sala pode ser vista na Figura 38.



Figura 38 - Sala onde foram realizadas as gravações.
FONTE: Autor.

A gravação pode ser divergente se for gravado, por exemplo, o mesmo áudio duas vezes porque ao gravar duas faixas de guitarra, a intensidade em que as cordas são batidas não será a mesma nas duas gravações. Partindo deste argumento, gravou-se o áudio desejado (por exemplo, um refrão de uma música utilizando a voz), capturou-se o mesmo através da interface de áudio Fast Track C400 e armazenou-se no computador através do software Cubase. Então, para a análise do som, o sinal gravado no computador foi enviado diretamente para o amplificador integrado do som de alta fidelidade através do cabo p2 2xRCA da *monster cable* (iCable 1000). O sistema de alta fidelidade, presente na Figura 39, é composto por um amplificador integrado *New Origo* da Etalon, caixas acústicas *Dynaudio Special 25 Years* com cabos de caixa *Eternity III* da *Logical Cables* e cabo de força *Big Red HC* da Ecosse. Após ser enviado, o sinal de áudio é capturado com os microfones Shure SM58 e Behringer B1 mudando assim, os cabos utilizados nos microfones. Desta maneira, a gravação do áudio torna-se uma constante, pois será reproduzida com a mesma intensidade, captada da mesma forma e, então, modificando apenas os cabos. A Figura 40 mostra esta técnica. Todas gravações foram feitas com uma resolução de 24 bits, com uma frequência de amostragem de 44,1kHz e no formato .wav.



Figura 39 - Equipamento de alta fidelidade sonora.
FONTE: Autor.



Figura 40 - Técnica de recapturação de áudio através da reprodução em um aparelho de alta fidelidade.
FONTE: Autor.

Logo após a captura do áudio (violão ou voz), utilizou-se o software Cubase analisando o espectro de frequência, como visto na Figura 41. Assim, analisaram-se arbitrariamente as frequências onde havia maior intensidade em

nível dBV e também a tensão. Sendo assim, permitiu-se comparar as frequências para cada cabo e analisar as diferenças entre os mesmos. O *menu* de análise de espectro possui a regulagem de tamanho de amostragem (*Size in Samples*). Quanto maior for este valor, maior é a precisão das medidas. Porém, utilizando um valor muito alto, precisa-se de um processamento muito grande. Arbitrou-se, então, o tamanho de amostragem em 16384, mostrado na Figura 42, este tendo uma precisão de 2,69Hz.

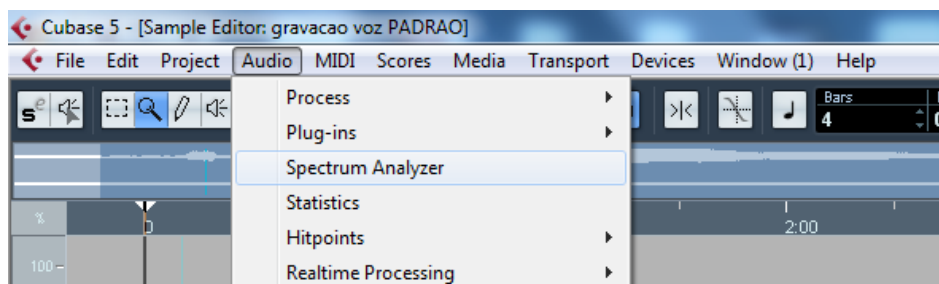


Figura 41 - Analisador de espectro do software Cubase.
Fonte - Autor.

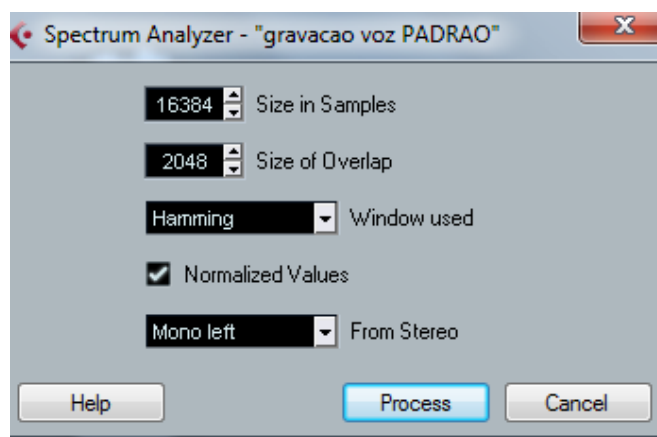


Figura 42 - Configuração do analisador de espectro.
FONTE: Autor.

Como o analisador de espectro analisa uma faixa de áudio, padronizaram-se as duas gravações (com os dois cabos) para começarem sincronizadas e tendo o mesmo tamanho. Explica-se melhor na Figura 43 Permitiu-se, assim, que fossem analisados os dois cabos sem erros de medição.

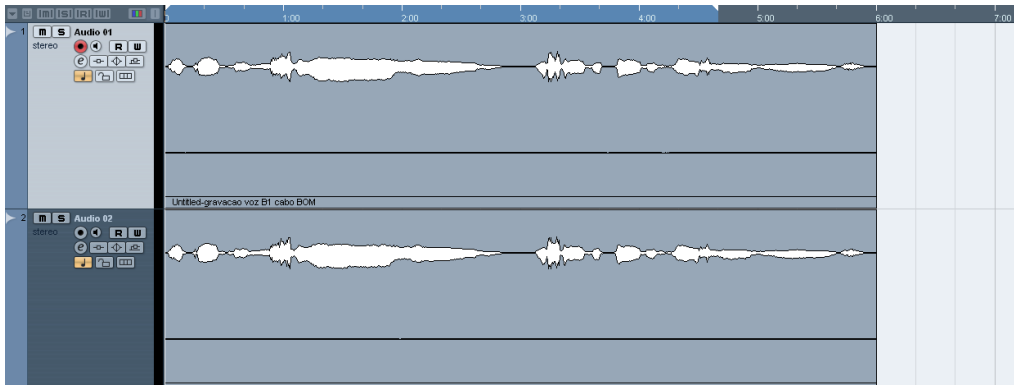


Figura 43 - As duas gravações (cabo Volcano e Cabo Hayonik) sincronizadas e com o mesmo tamanho.
 FONTE: Autor.

3.2. CAPTURA DO ÁUDIO DE VOZ

Neste procedimento, utilizou-se o microfone Behringer B-1 para captura do áudio de voz (Figura 44).



Figura 44 - Gravação do áudio de voz.
 Fonte - Autor.

Gravou-se a estrofe "eu prefiro ser, esta metamorfose ambulante" de Raul Seixas. O áudio é, então, capturado pela Fast Track e armazenado no computador através do software Cubase. Após isto, reproduziu-se o áudio no som de alta fidelidade (descrito anteriormente). Através desta reprodução, foi

possível capturar o mesmo áudio com o microfone Behringer B1 modificando os dois cabos citados. Feito isto, adquire-se o sinal de áudio também pelo software Cubase, após o processamento pela interface Fast Track. A Figura 45 mostra o procedimento adotado.



Figura 45 - Recaptação da gravação de um áudio de voz com o microfone B1.
FONTE: Autor.

Ao capturar o som através do microfone Behringer, obtiveram-se as seguintes formas de ondas, mostradas na Figura 46 e Figura 47 para o cabo Volcano e Hayonik, respectivamente.

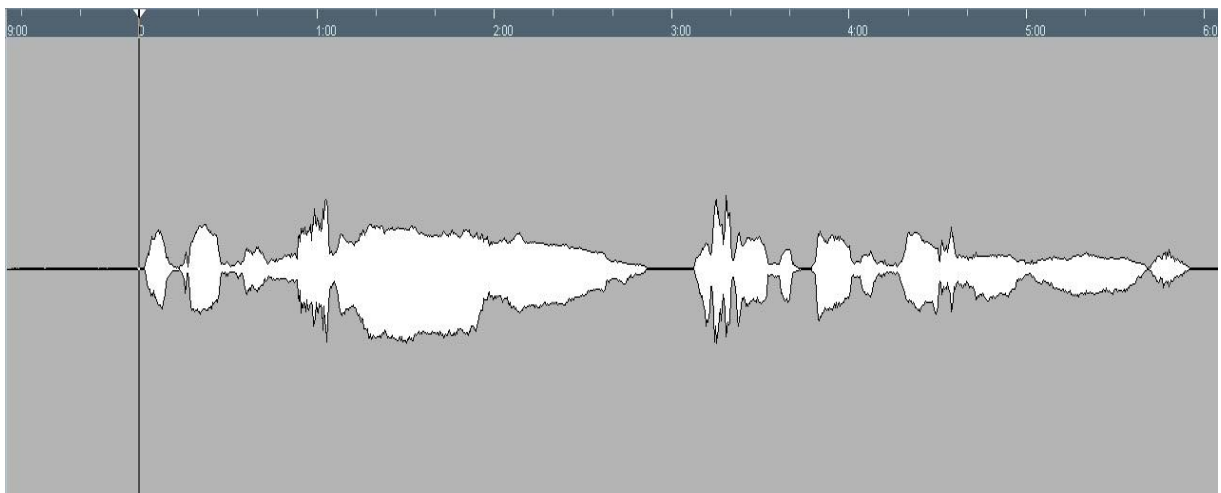


Figura 46 - Forma de onda do áudio de voz referente ao microfone Behringer com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

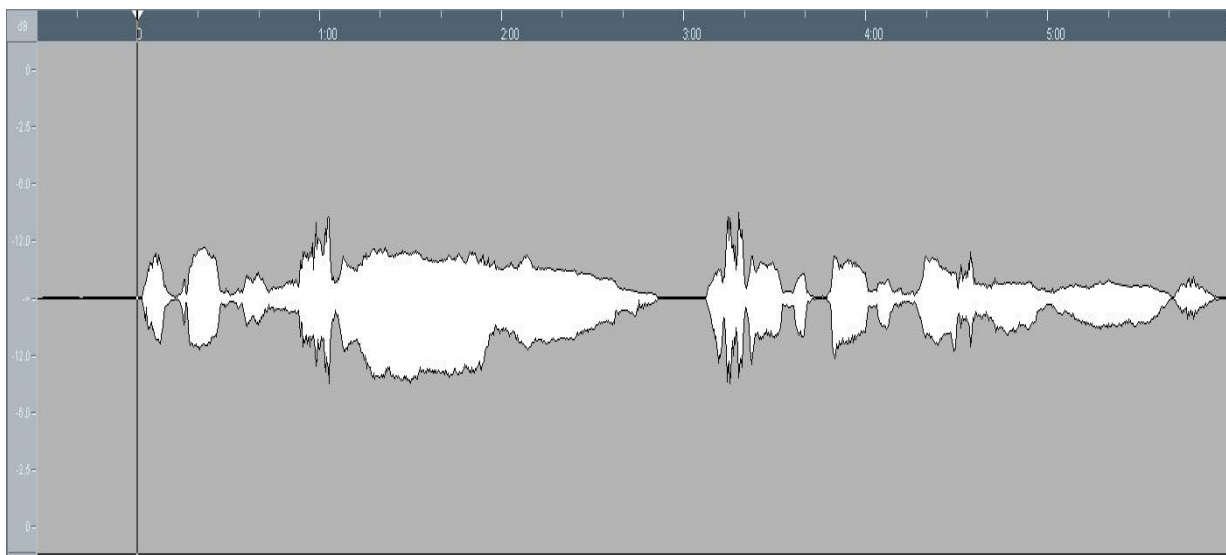


Figura 47 - Forma de onda do áudio de voz referente ao microfone Behringer com cabo Hayonik.
 FONTE: Autor.

O processo seguinte foi selecionar faixas dessas formas de onda para análise. Foram escolhidos os mesmos trechos tanto para o cabo Volcano quanto para o cabo Hayonik. A Figura 48 e 49, mostram exatamente o mesmo trecho escolhido para análise para a gravação com o cabo Volcano e Hayonik, respectivamente.

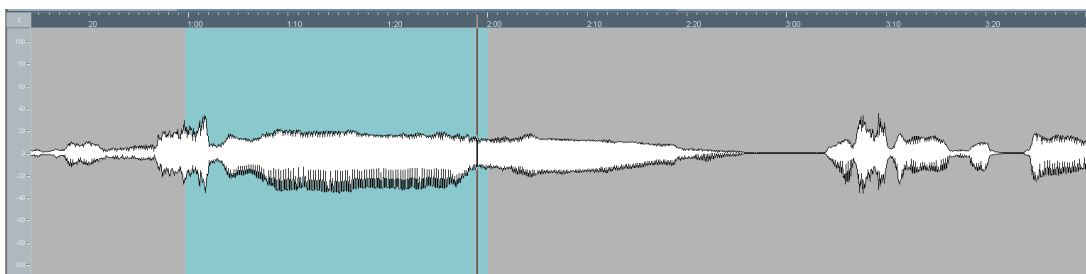


Figura 48 - Faixa de áudio escolhida para análise da gravação de voz. Cabo Volcano.
 FONTE: Autor.

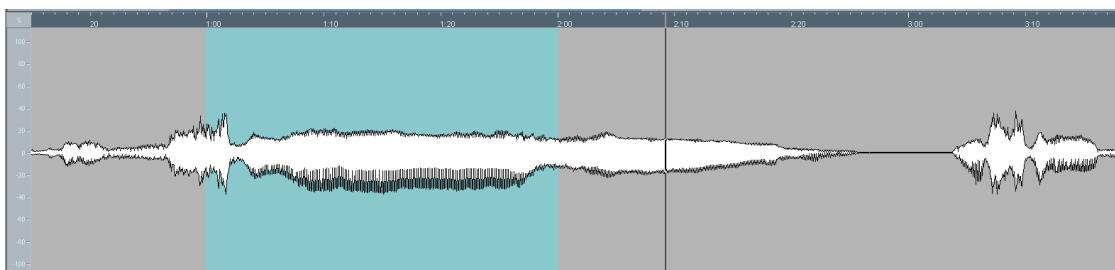


Figura 49 - Faixa de áudio escolhida para análise da gravação de voz. Cabo Hayonik.
 FONTE: Autor.

A fim de se obter mais médias para análise, selecionou-se mais uma faixa destas formas de onda da gravação da voz. Mostram-se, então, nas

Figuras 50 e 51, a seleção da segunda faixa de áudio igualmente escolhidas para o cabo Volcano e Hayonik, respectivamente.

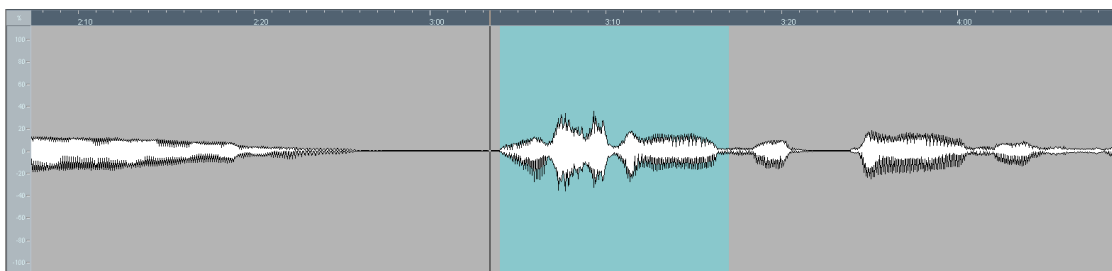


Figura 50 – Segunda faixa de áudio escolhida para análise da gravação de voz. Cabo Volcano.
FONTE: Autor.

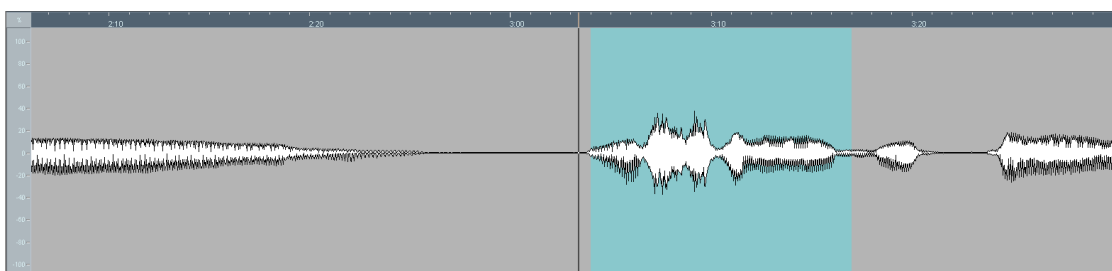


Figura 51 - Segunda faixa de áudio escolhida para análise da gravação de voz. Cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

Para uma melhor precisão, escolheu-se uma terceira faixa de áudio para analisar-se as médias.

Após isto, foi executado o analisador de espectro da tensão em função da frequência para o cabo Volcano e Hayonik. Arbitraram-se três faixas do áudio gravado para a análise. As Figuras 52 e 53 mostram o espectro da tensão em função da frequência da primeira faixa escolhida dos cabos Volcano e Hayonik, respectivamente.

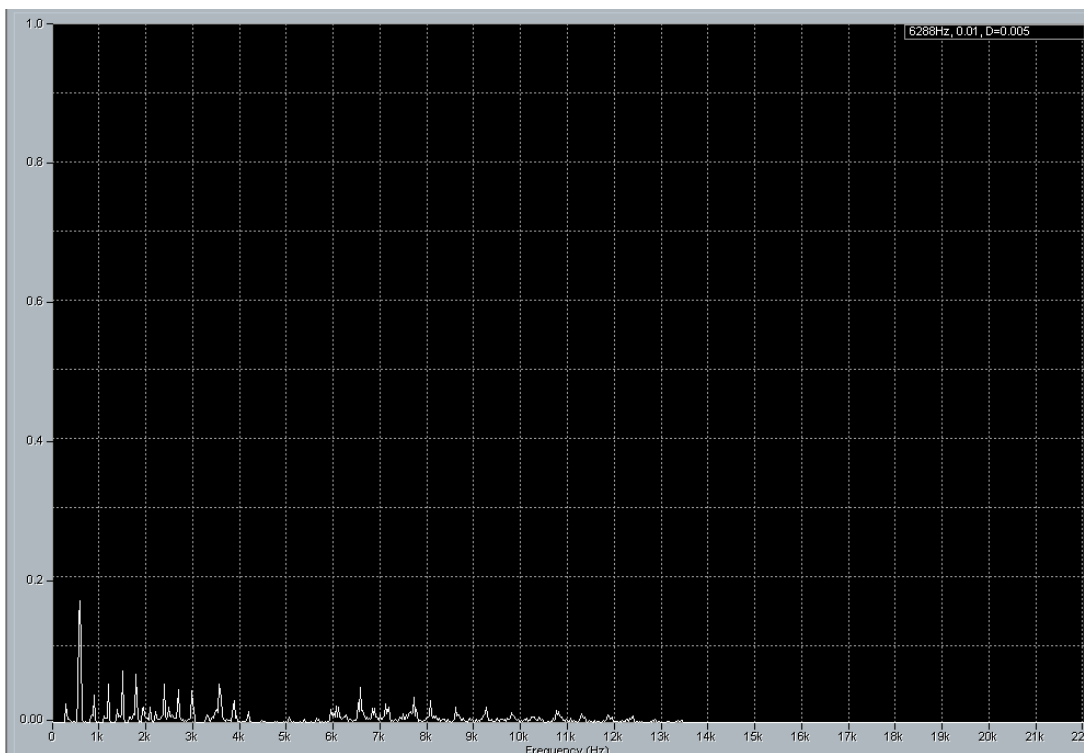


Figura 52 – Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de voz e microfone Behringer com cabo Volcano.
FONTE: Autor

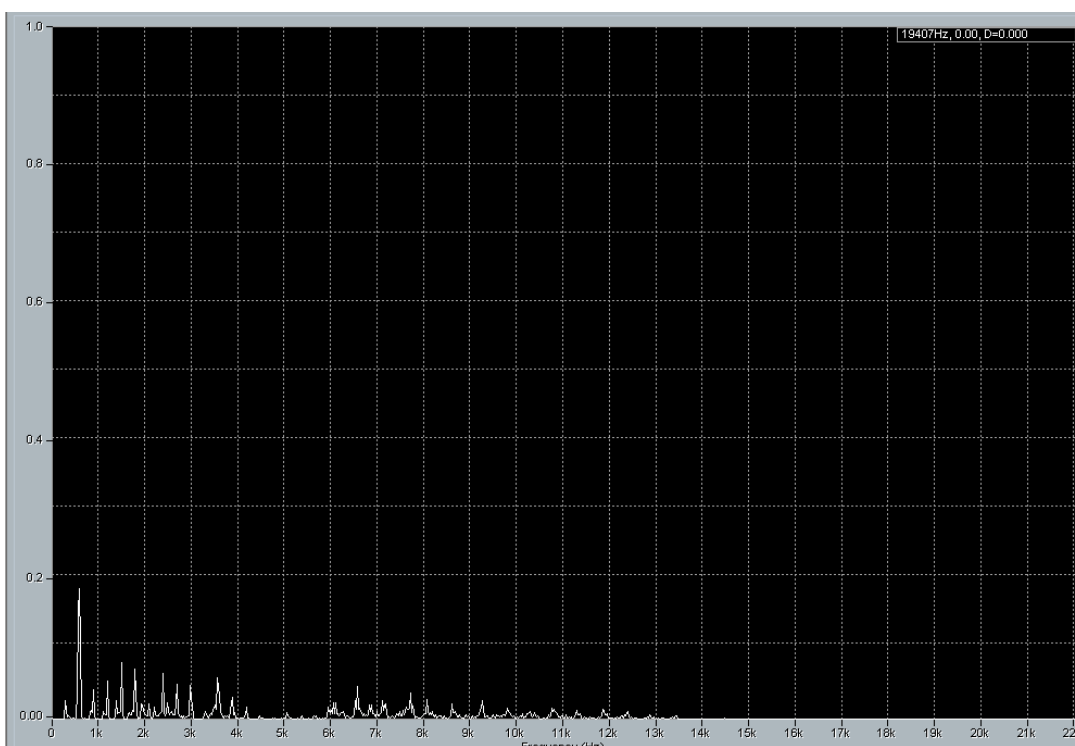


Figura 53 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de voz e microfone Behringer com cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

Também se executou o analisador de espectro do nível em dBV (mostra-se nas figuras apenas a primeira faixa - a mesma das Figuras 52 e 53 anteriores) em função da frequência referente às mesmas três faixas para o cabo Volcano e Hayonik, mostrado nas Figuras 54 e 55, respectivamente.

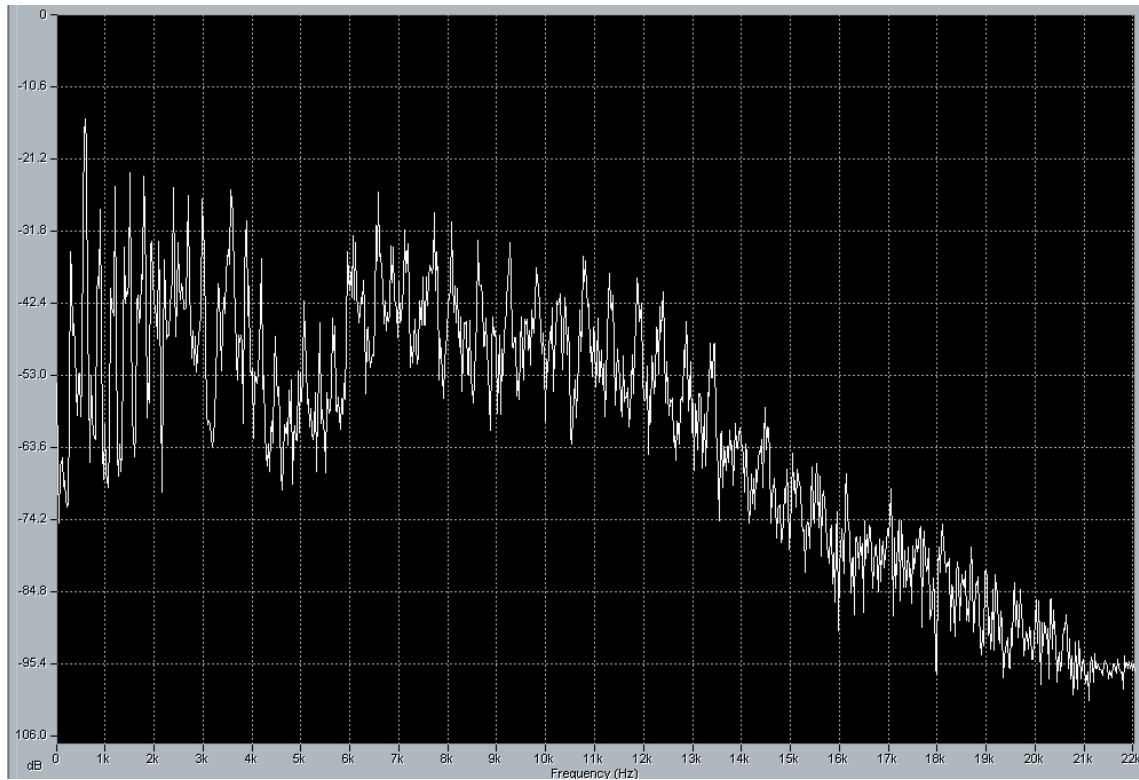


Figura 54 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de voz e microfone Behringer com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

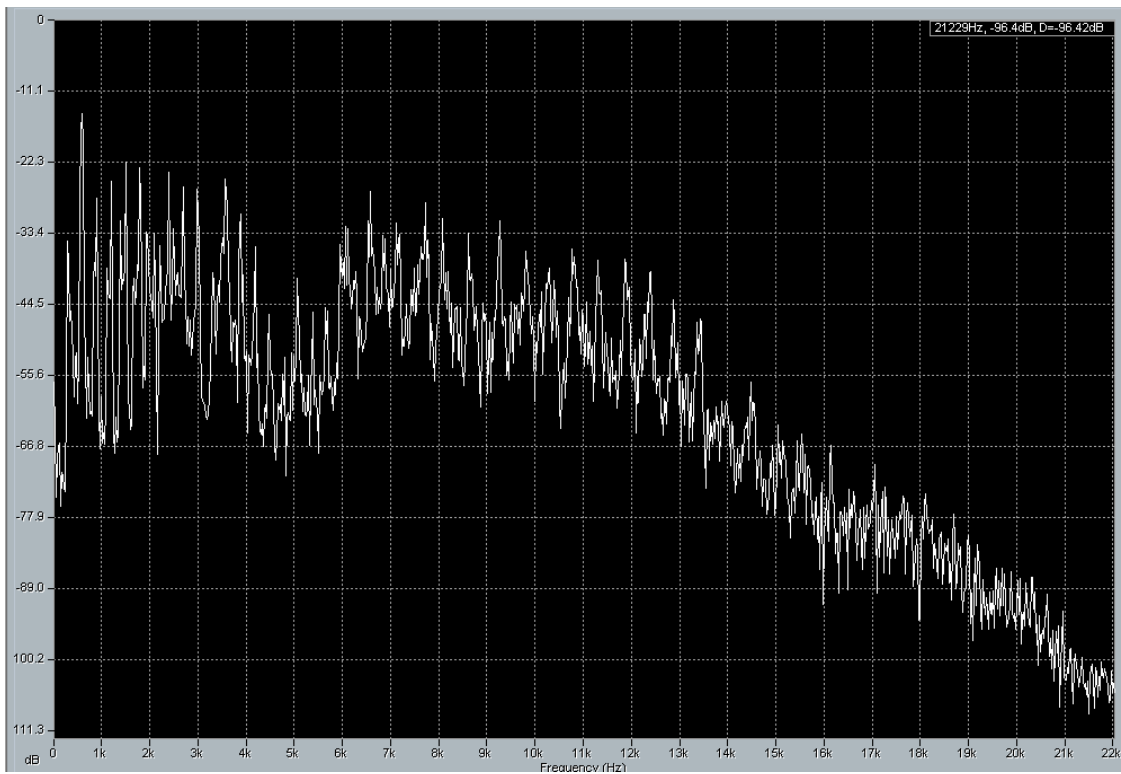


Figura 55 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de voz e microfone Behringer com cabo Hayonik.
 FONTE: Autor.

Após adquirir formas de onda e análises de espectro, foi feito um levantamento de algumas das frequências onde há maiores picos de intensidade, para as três faixas separadamente. Assim, levantaram-se as intensidades de tensão e dBV dessas frequências escolhidas. Note que tanto para o cabo Volcano e Haionik foram escolhidas as mesmas frequências. O resultado é apresentado nas Tabelas 5, 6 e 7.

Medição do áudio de voz com Behringer B-1 Cabo Volcano, Faixa 1		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
280	-28,34	0,0382
584	-15,28	0,1721
1776	-29,99	0,0316
6570	-34,64	0,0185
14473	-64,74	0,0005

Medição do áudio de voz com Behringer B-1 Cabo Hayonik, Faixa 1		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
280	-28,07	0,0394
584	-14,39	0,1907
1776	-29	0,0354
6570	-35,19	0,0173
14473	-61,93	0,0008

Diferença Modular entre os cabos, Faixa 1		
Frequência em Hz	Diferença em dBV	Diferença em Volts
280	0,27	0,0012
584	0,89	0,0186
1776	0,99	0,0038
6570	0,55	0,0012
14473	2,81	0,0003

Tabela 5 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Behringer) referente à primeira faixa escolhida do áudio de voz.

FONTE: Autor.

Medição do áudio de voz com Behringer B-1 Cabo Volcano, Faixa 2		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
256	-19,21	0,1095
584	0	1
1448	-10,13	0,3115
9725	-27,94	0,04
17186	-39,92	0,01

Medição do áudio de voz com Behringer B-1 Cabo Hayonik, Faixa 2		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
256	-21,16	0,0874
584	0	1
1448	-10,89	0,2854
9725	-27,86	0,0404
17186	-40,86	0,009

Diferença Modular entre os cabos, de Faixa 2		
Frequência em Hz	Diferença em dBV	Diferença em Volts
256	1,95	0,0221
584	0	0
1448	0,76	0,0261
9725	0,08	-0,0004
17186	0,94	0,001

Tabela 6 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Behringer) referente à segunda faixa escolhida do áudio de voz.

FONTE: Autor.

Medição do áudio de voz com Behringer B-1 Cabo Volcano, Faixa 3		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
210	-13,53	0,2106
1074	-21,77	0,0815
7130	-25,72	0,0517
11830	-36,27	0,0153
17652	-75,42	0,0001

Medição do áudio de voz com Behringer B-1 Cabo Hayonik, Faixa 3		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
210	-13,83	0,2034
1074	-22,26	0,077
7130	-25,48	0,0532
11830	-35,57	0,0166
17652	-75,56	0,0001

Diferença Modular entre os cabos, Faixa 3		
Frequência em Hz	Diferença em dBV	Diferença em Volts
210	0,3	0,0072
1074	0,49	0,0045
7130	0,24	0,0015
11830	0,7	0,0013
17652	0,14	0

Tabela 7 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Behringer) referente à terceira faixa escolhida do áudio de voz.

FONTE: Autor.

3.3. CAPTURA DO ÁUDIO DE VIOLÃO

Neste procedimento, gravou-se o violão diretamente da interface de áudio Fast Track no software Cubase através da captação de seus captadores internos. A técnica é mostrada na Figura 56.



Figura 56 - Gravação do áudio de violão.
FONTE: Autor.

Em uma primeira gravação, gravou-se uma sequência de acordes (Lá maior, Sol maior e Ré maior), soando-os com um ritmo imposto pela mão direita. O áudio é, então, capturado pela Fast Track e armazenado no computador através do software Cubase. Da mesma forma que foi feito com o áudio de voz, reproduziu-se o áudio em um som de alta fidelidade, capturando-se com o microfone Shure SM58 e modificando os cabos do mesmo (Figura 53).



Figura 57 - Recapturação da gravação de um áudio de violão com o microfone Shure SM58.
FONTE: Autor.

Também da mesma forma que se fez com a gravação da voz, estipularam-se, desta vez, duas faixas do áudio gravado. As formas de onda da gravação da sequência de acordes são mostradas nas Figuras 58 e 59 para o cabo Volcano e Hayonik, respectivamente.

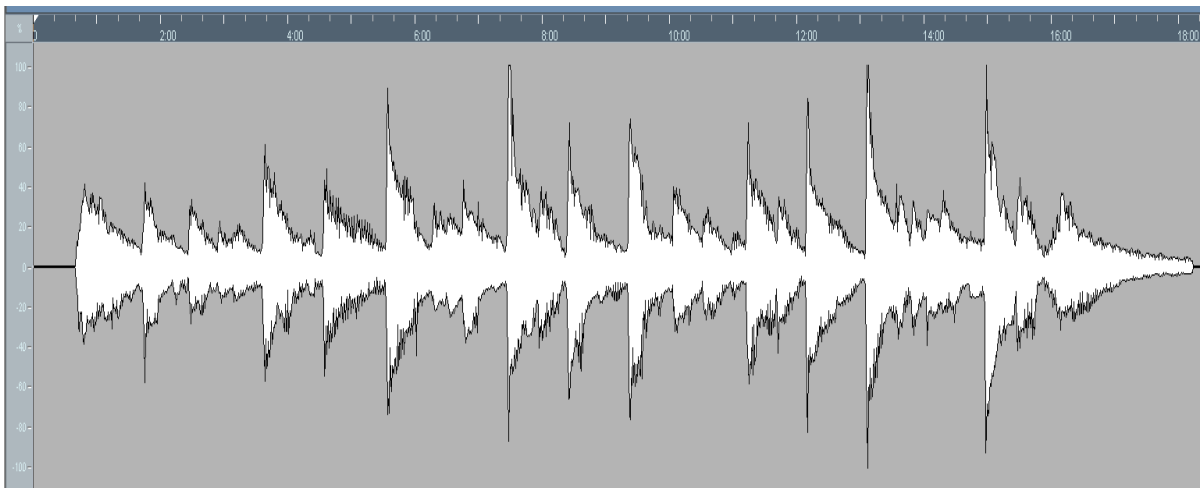


Figura 58 - Forma de onda do áudio da sequência de acordes de violão referente ao microfone Shure com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

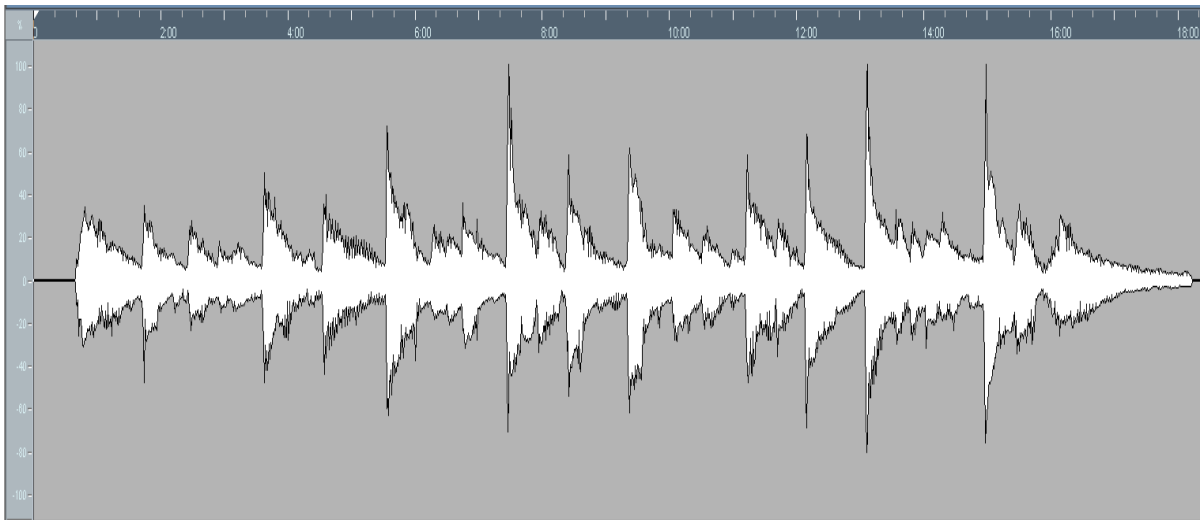


Figura 59 - Forma de onda do áudio da sequência de acordes de violão referente ao microfone Shure com cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

Executou-se o analisador de espectro da tensão em função frequência para o cabo Volcano e Hayonik para as duas faixas do áudio. Nas Figuras 60 e 61 mostram-se presente o espectro de tensão em função da frequência para uma das faixas escolhidas para o cabo Volcano e Hayonik, respectivamente. Vale citar que, para todos os áudios de violão, utilizou-se a escala de frequência no modo logarítmico.

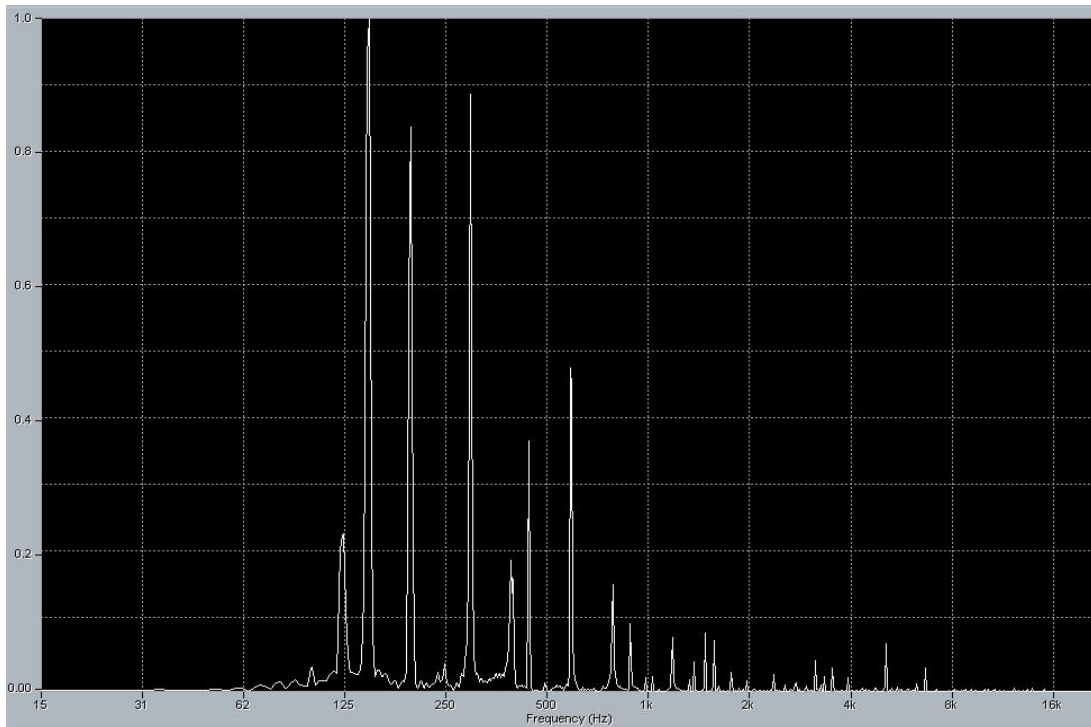


Figura 60 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de acordes de violão e microfone Shure com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

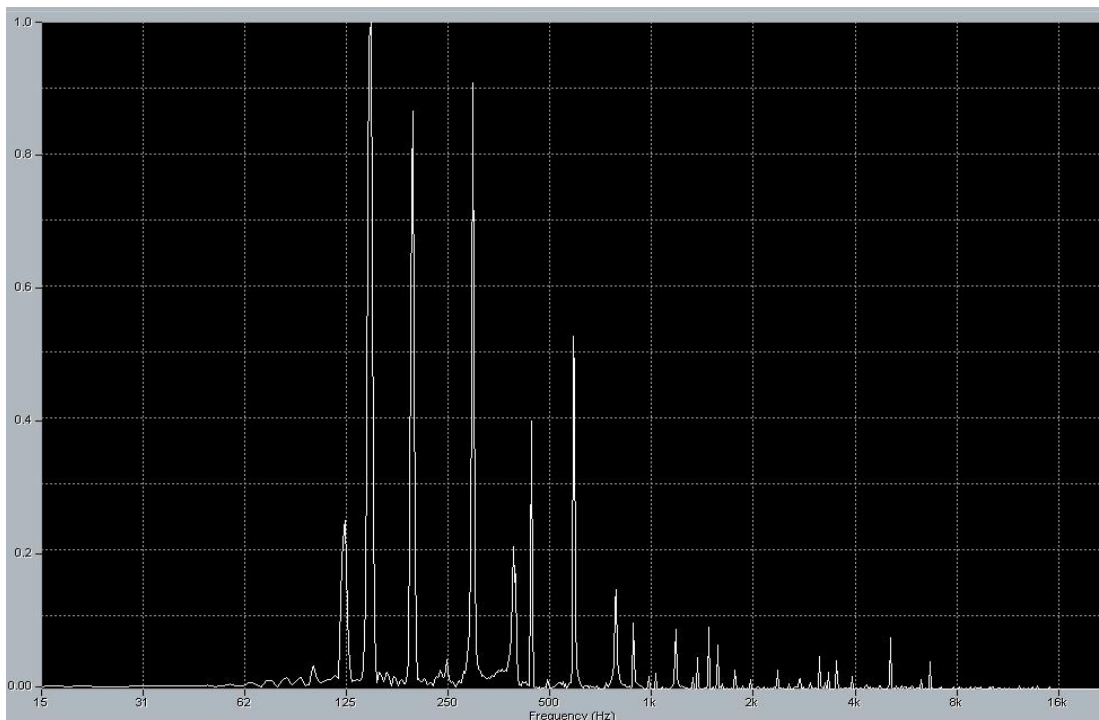


Figura 61 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de acordes de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

Executou-se, também, o analisador de espectro do nível dBV (mostrando se apenas uma das faixas - a mesma da análise de voltagem) em

função da frequência para as duas faixas arbitradas. As Figuras 62 e 63 mostram a análise uma das faixas para o cabo Volcano e Hayonik, respectivamente.

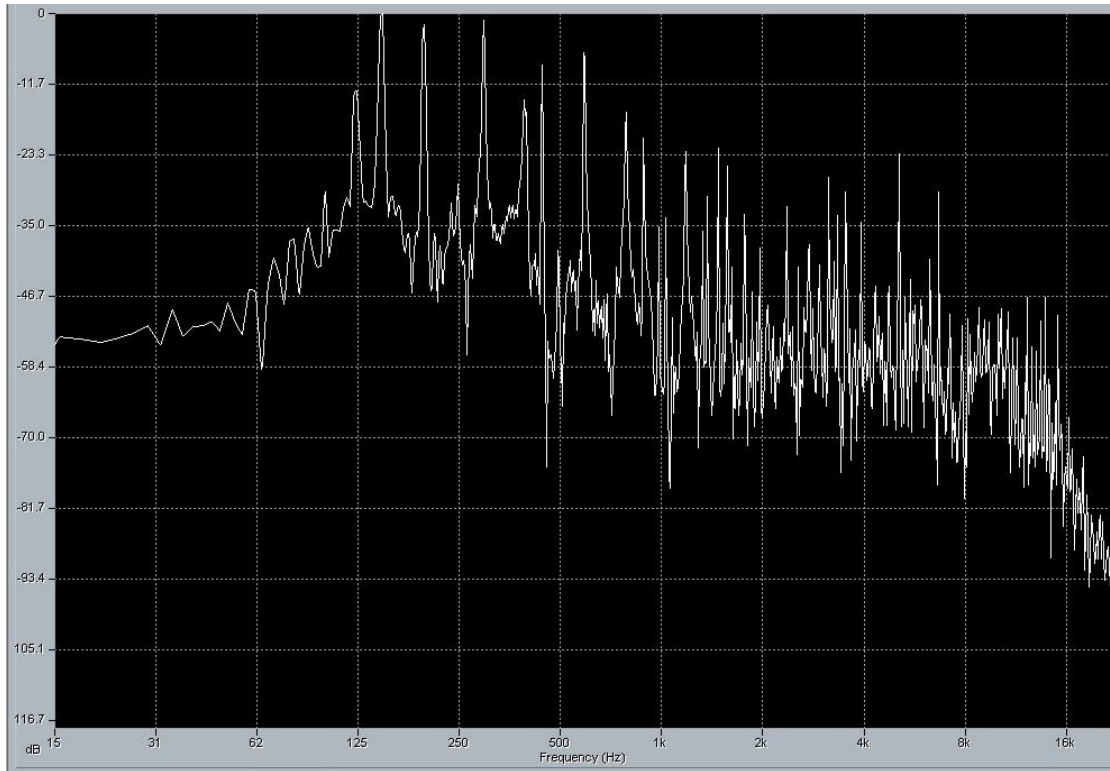


Figura 62 - Spectrum Analyzer do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de acordes de violão e microfone Shure com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

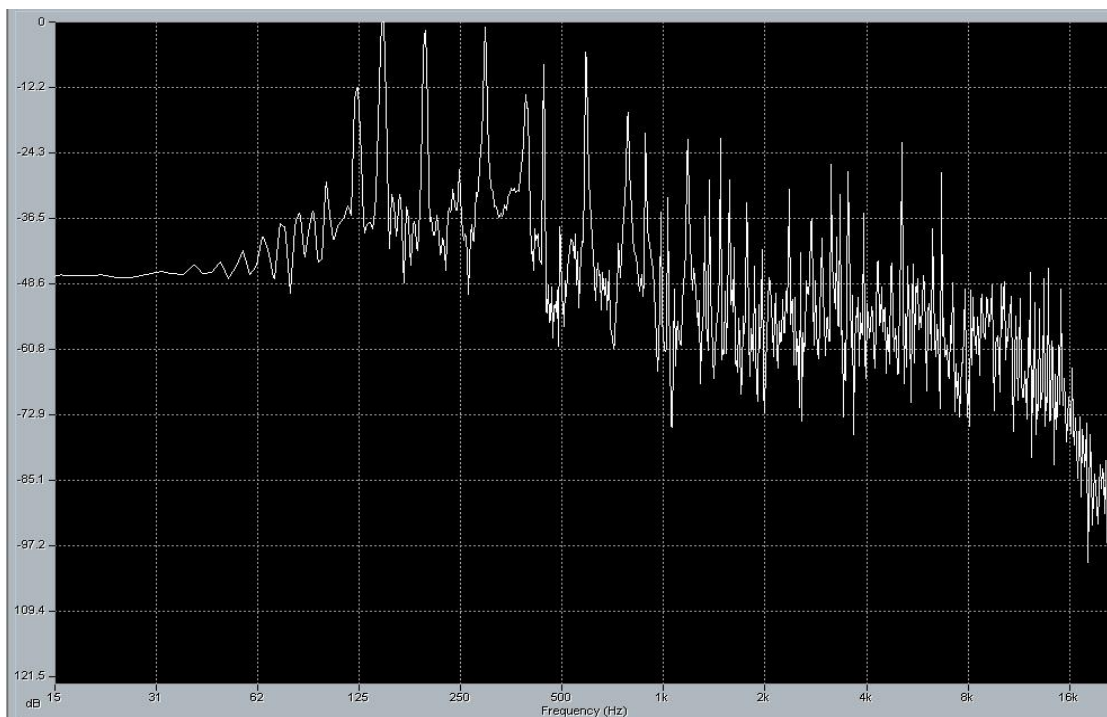


Figura 63 - Spectrum Analyzer do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de acordes de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.
 FONTE: Autor.

Levantou-se, então, as intensidades de algumas frequências arbitradas para as duas faixas separadamente. Apresenta-se o resultado nas Tabelas 8 e 9.

Medição do áudio de acordes de violão com Shure SM58 Cabo Volcano, Faixa 1		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
195	-3,62	0,6591
585	-23,23	0,0689
1362	-53,55	0,0021
5075	-51,96	0,0025
13792	-73,25	0,0002

Medição do áudio de acordes de violão com Shure SM58 Cabo Hayonik, Faixa 1		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
195	-3,5	0,6683
585	-21,99	0,0795
1362	-53,62	0,002
5075	-50,3	0,003
13792	-69,99	0,0003

Diferença Modular entre os cabos, Faixa 1		
Frequência em Hz	Diferença em dBV	Diferença em Volts
195	0,12	0,0092
585	1,24	0,0106
1362	0,07	1,0E-04
5075	1,66	0,0005
13792	3,26	0,0001

Tabela 8 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Shure) referente à primeira faixa escolhida do áudio de acordes de violão.
 FONTE: Autor.

Medição do áudio de acordes de violão com Shure SM58 Cabo Volcano, Faixa 2		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
220	-14,89	0,18
440	-5,17	0,5514
1107	-35,66	0,0164
5919	-58,18	0,0012
13581	-76,84	0,0001

Medição do áudio de acordes de violão com Shure SM58 Cabo Hayonik, Faixa 2		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
220	-15,45	0,1688
440	-5,24	0,547
1107	-36	0,0158
5919	-60,21	0,0009
13581	-78,08	0,0001

Diferença Modular entre os cabos, Faixa 2		
Frequência em Hz	Diferença em dBV	Diferença em Volts
220	0,56	0,0112
440	0,07	0,0044
1107	0,34	0,0006
5919	2,03	0,0003
13581	1,24	0

Tabela 9 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Shure) referente à segunda faixa escolhida do áudio de acordes de violão.

FONTE: Autor.

Gravou-se também um áudio onde se mudou o jeito de tocar com a mão direita (utilizou-se Ré menor e Lá menor na sequência de acordes). Foi utilizado um estilo "*funk*", para analisar-se melhor a diferença dos cabos em resposta a **ataques**, **período estável** e **queda** curtos e rápidos. Chamaremos no presente trabalho de "Gravação de áudio *Groove*".

As formas de onda do áudio recapturado com o microfone Shure SM58 e cabos Volcano e Hayonik são mostradas nas Figuras 64 e 65, respectivamente.

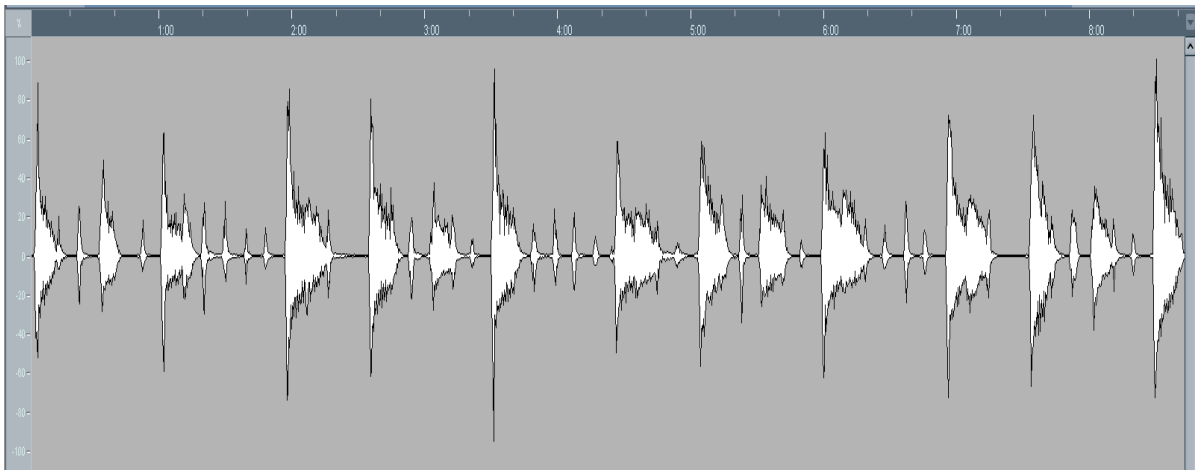


Figura 64 - Forma de onda do áudio da sequência Groove de violão referente ao microfone Shure com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

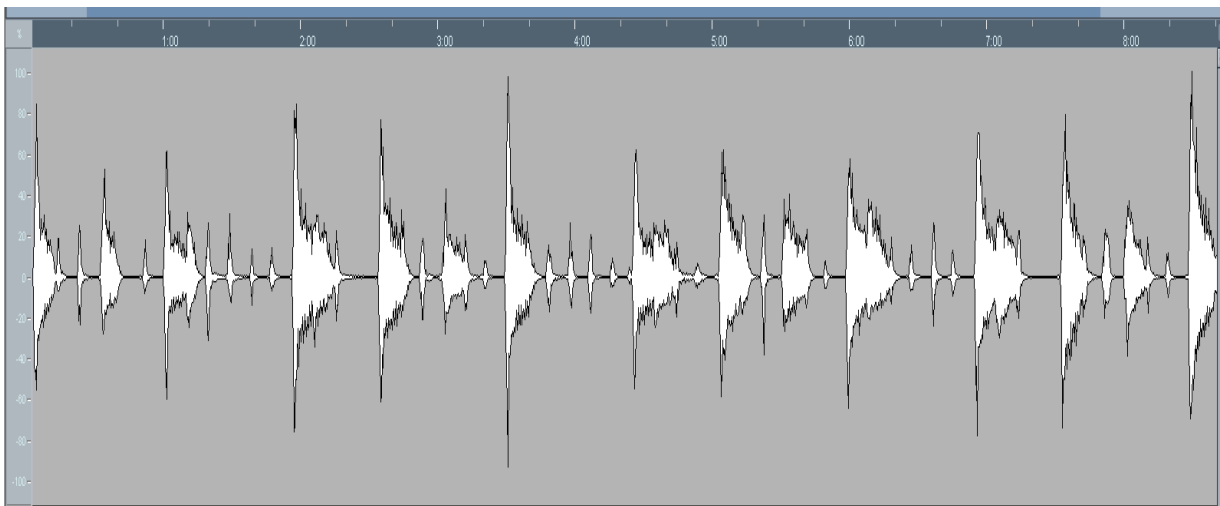


Figura 65 - Forma de onda do áudio da sequência Groove de violão referente ao microfone Shure com cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

Executou-se o analisador de espectro da tensão em função frequência para o cabo Volcano e Hayonik para uma faixa de valores. Nas Figuras 66 e 67 mostra-se presente o espectro de tensão em função da frequência para a única faixa escolhida para o cabo Volcano e Hayonik, respectivamente. Utilizou-se, também, a escala de frequência no modo logarítmico.

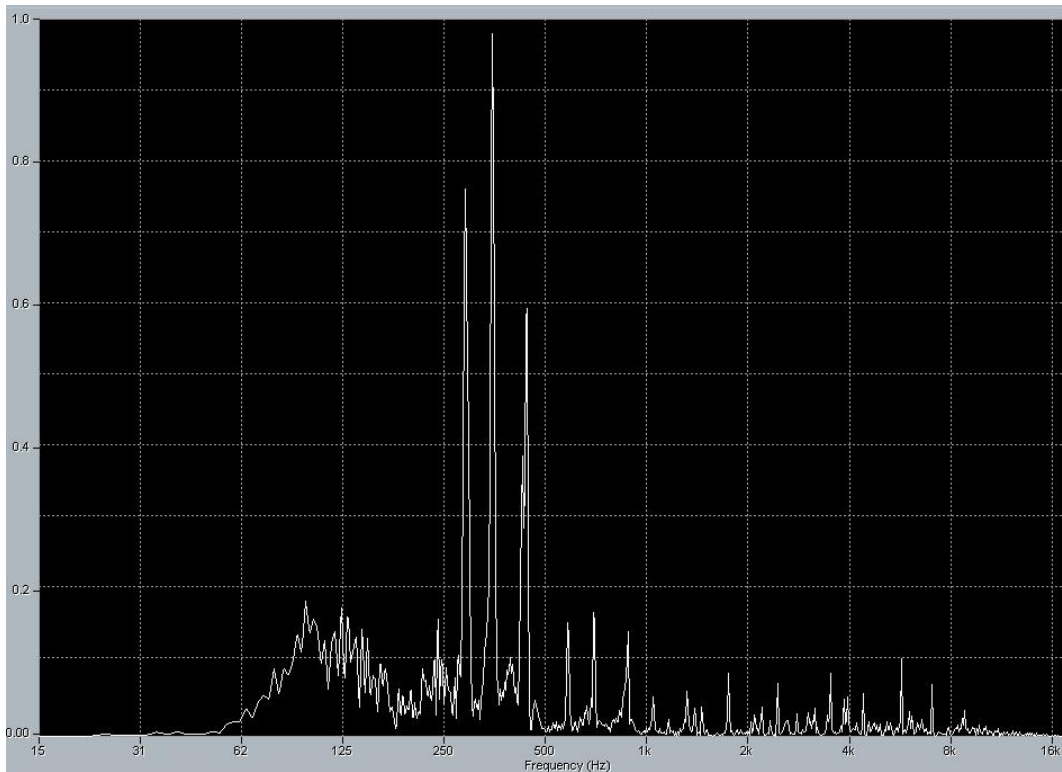


Figura 66 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de Groove de violão e microfone Shure com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

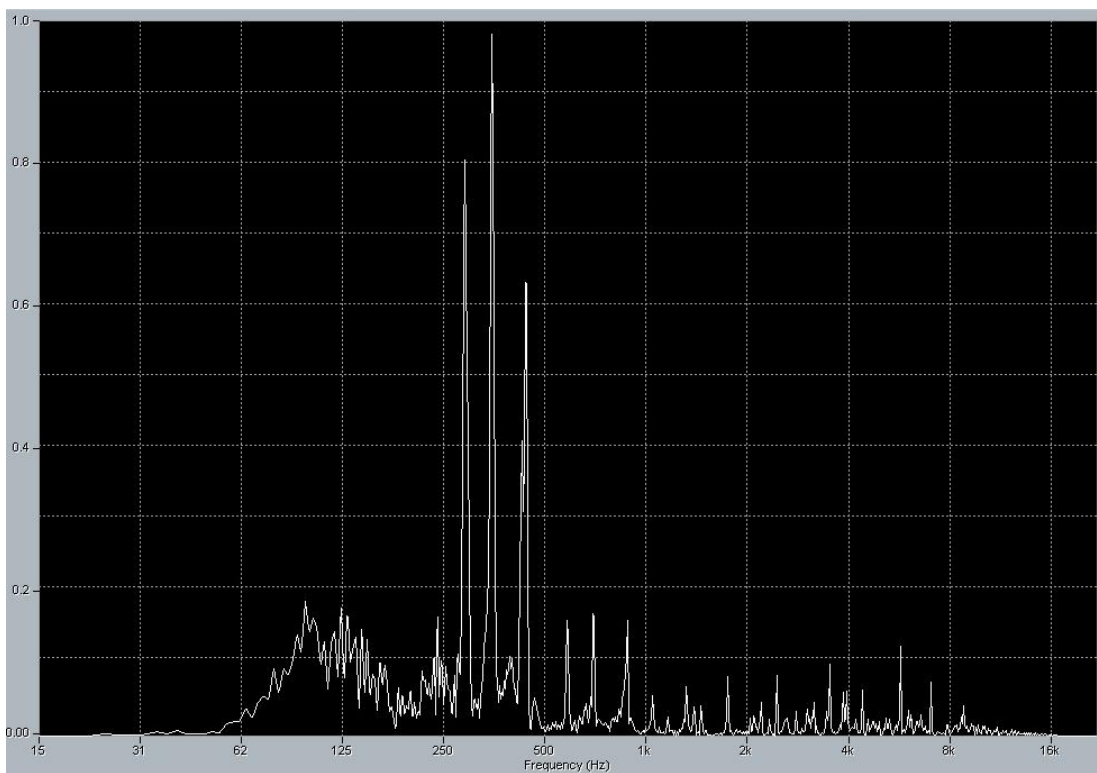


Figura 67 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de Groove de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

O analisador de espectro do nível dBV em função da frequência para a faixa escolhida é mostrado nas Figuras 68 e 69 para o cabo Volcano e Hayonik, respectivamente.

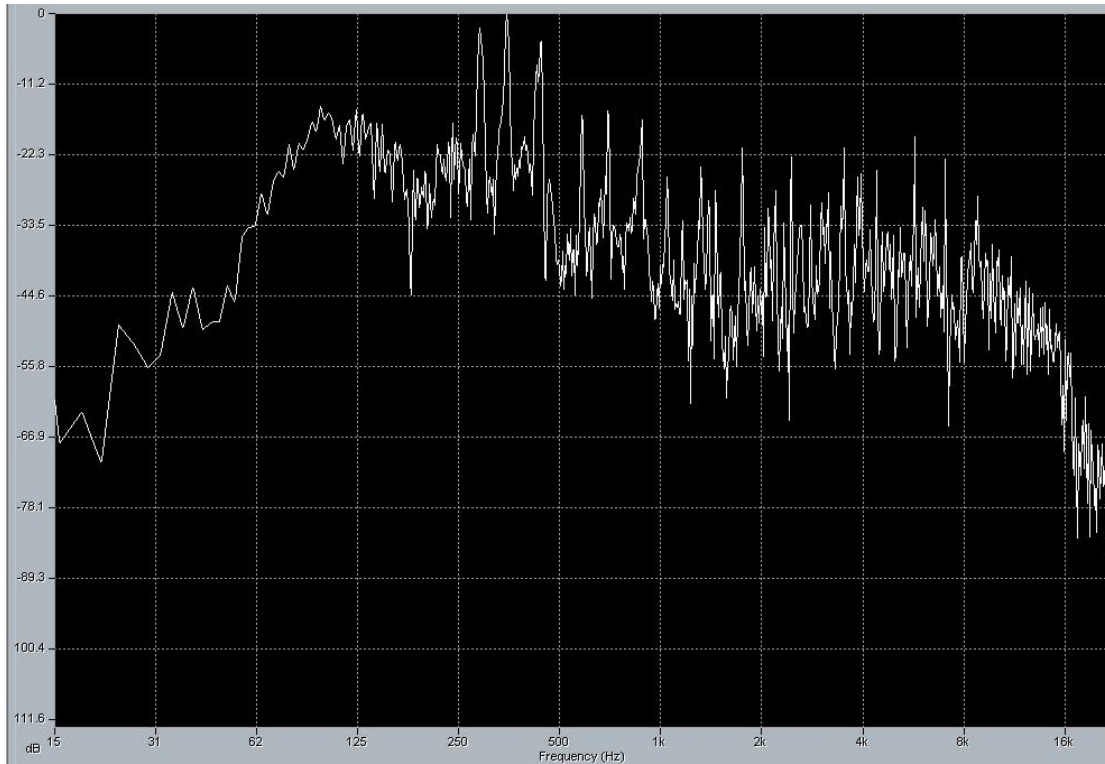


Figura 68 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de Groove de violão e microfone Shure com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

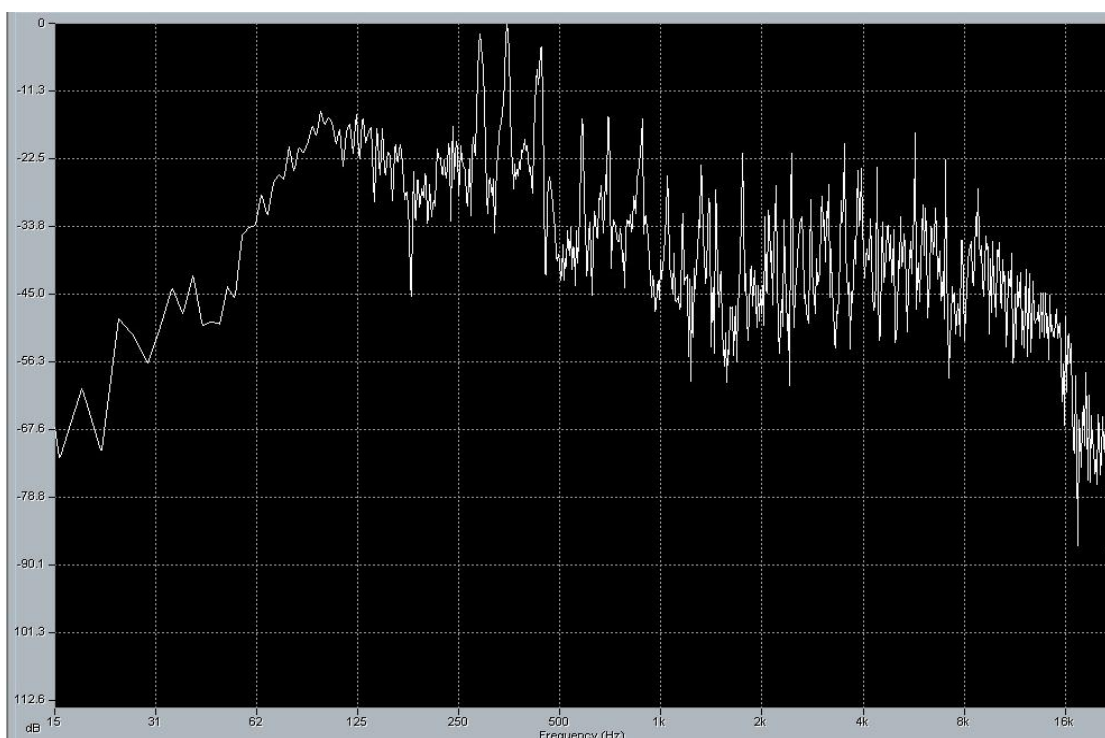


Figura 69 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de Groove de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.
 FONTE: Autor.

A Tabela 10 mostra as intensidades em nível dBV e de tensão para algumas frequências arbitradas.

Medição do áudio de Groove no violão com Shure SM58 Cabo Volcano, Faixa 1		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
288	-1,96	0,7979
347	-0,71	0,9215
1743	-30,32	0,0304
5695	-38,1	0,0124
8761	-39,33	0,0108

Medição do áudio de Groove no violão com Shure SM58 Cabo Hayonik, Faixa 1		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
288	-1,47	0,8443
347	-0,73	0,9193
1743	-30,52	0,0297
5695	-37,16	0,0138
8761	-38,4	0,012

Diferença Modular entre os cabos, Faixa 1		
Frequência em Hz	Diferença em dBV	Diferença em Volts
288	0,49	0,0464
347	0,02	0,0022
1743	0,2	7,0E-04
5695	0,94	0,0014
8761	0,93	0,0012

Tabela 10 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Shure) referente à faixa escolhida do áudio de Groove de violão.
 FONTE: Autor.

Por último, gravou-se um simples solo de violão, utilizando a escala de Lá maior, com o intuito de analisar as diferenças apenas tocando notas no violão. Chama-se, no presente trabalho, de "gravação de solo de violão". Também se escolheu analisar duas faixas do áudio gravado.

As Figuras 70 e 71 apresentam as formas de onda da recapturação do solo de violão com os cabos Volcano e Hayonik, respectivamente.

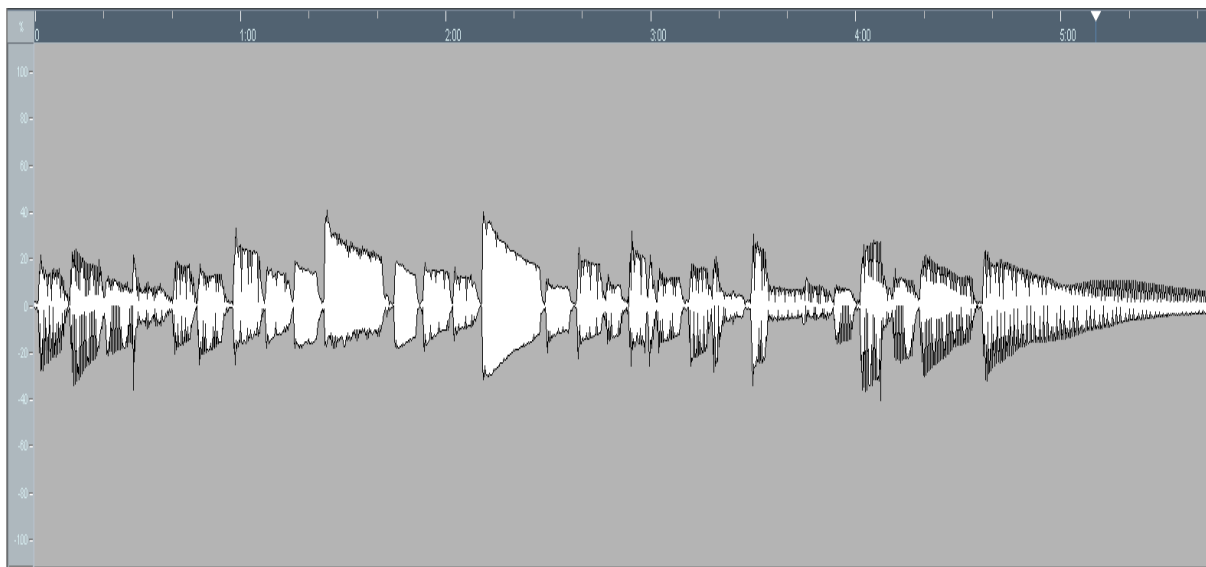


Figura 70 - Forma de onda do áudio da gravação de solo de violão referente ao microfone Shure com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

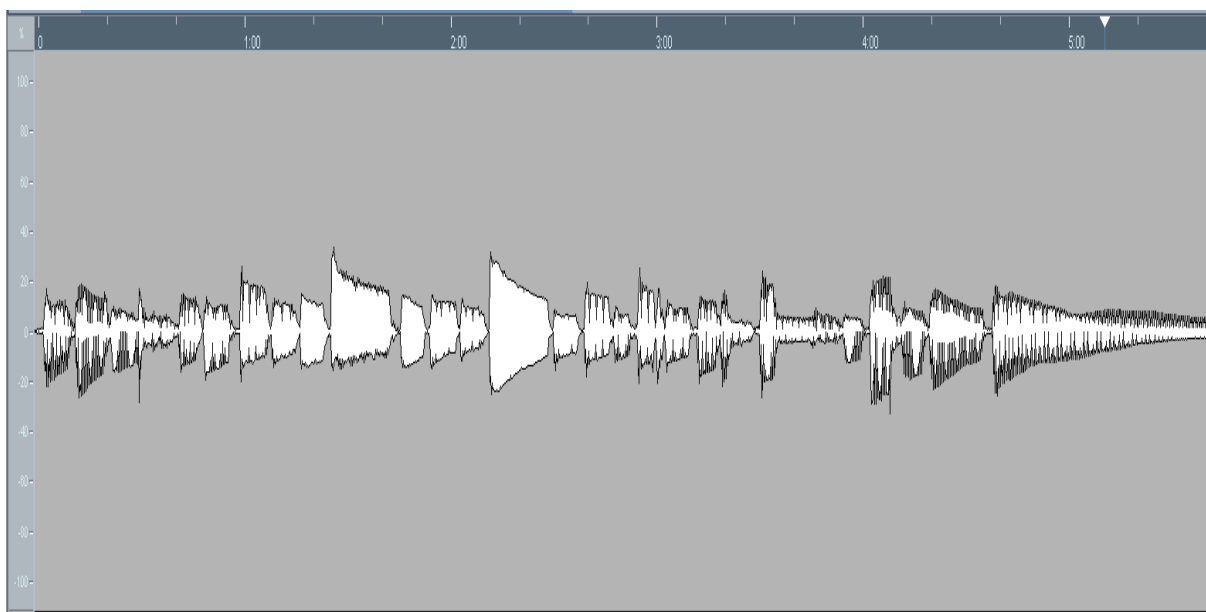


Figura 71 - Forma de onda do áudio da gravação de solo de violão referente ao microfone Shure com cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

O analisador de espectro da tensão em função frequência para o cabo Volcano e Hayonik para uma faixa de valores é apresentado nas Figuras 72 e 73, respectivamente. Utilizou-se, também, a escala de frequência no modo logarítmico.

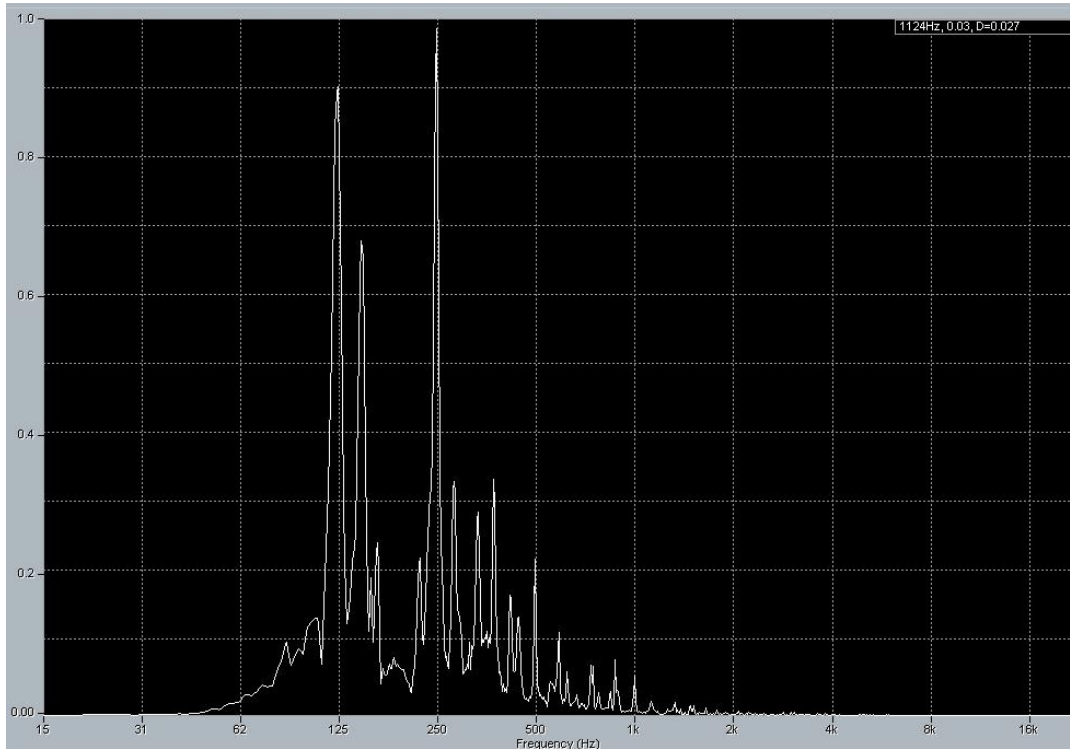


Figura 72 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de solo de violão e microfone Shure com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

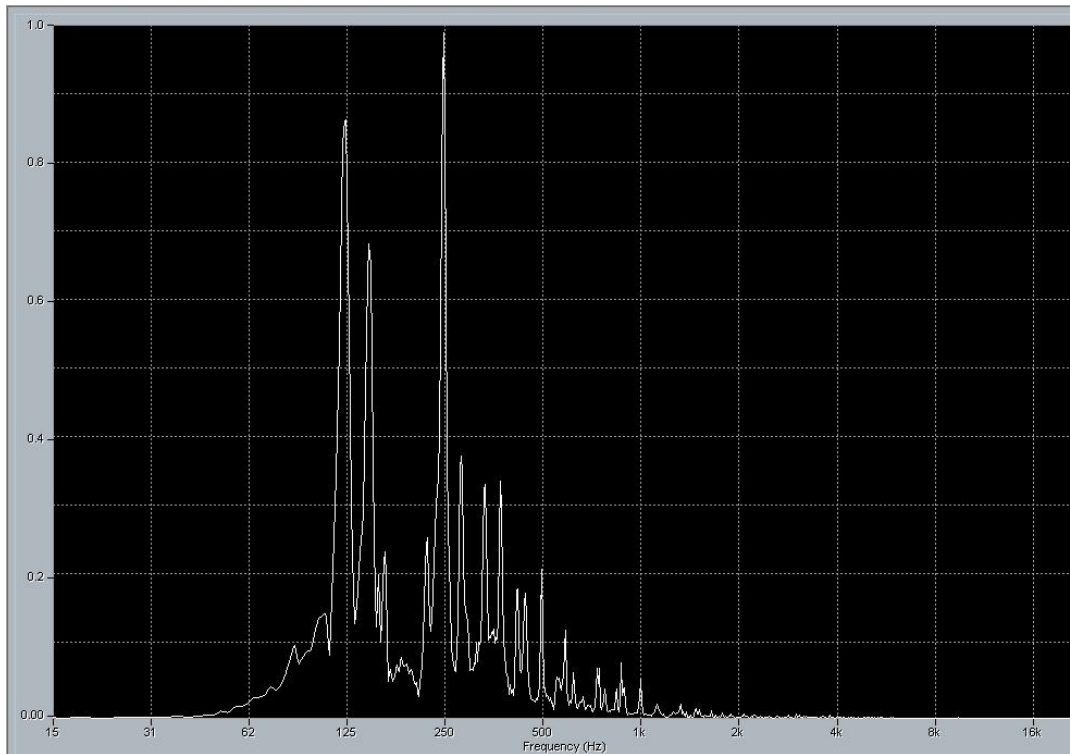


Figura 73 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de solo de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

O analisador de espectro do nível dBV em função da frequência para a faixa de áudio do solo escolhida é mostrado nas Figuras 74 e 75 para o cabo Volcano e Hayonik, respectivamente.

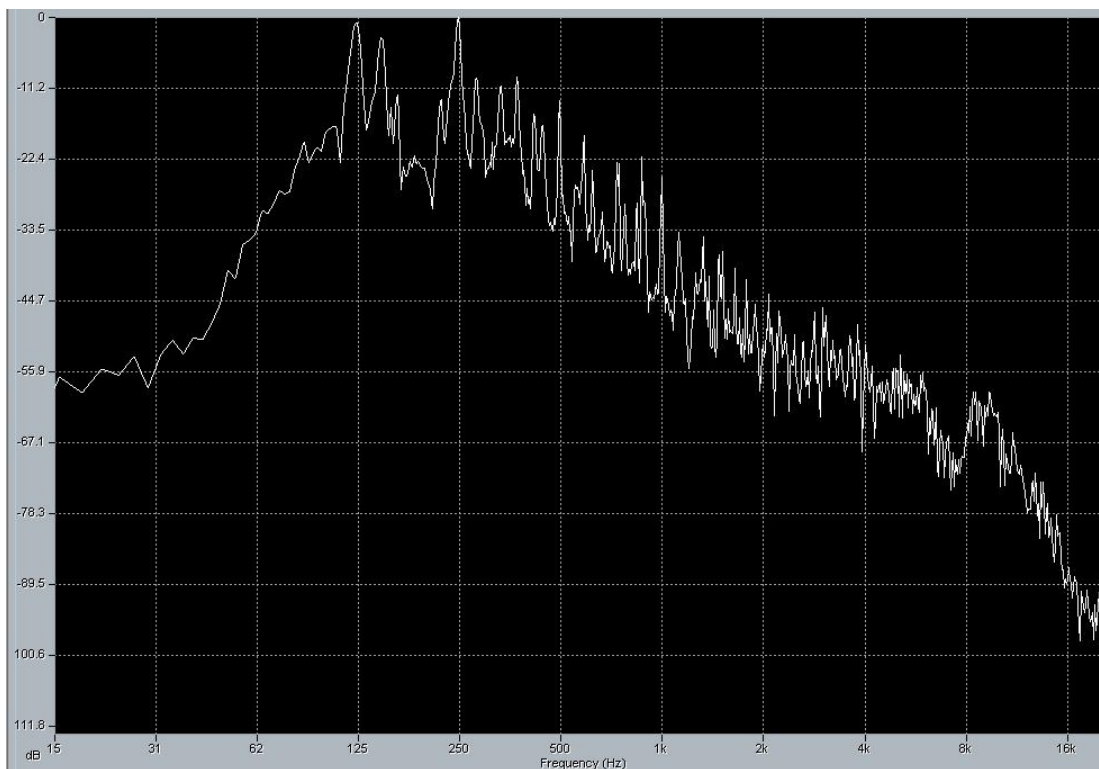


Figura 74 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de solo de violão e microfone Shure com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

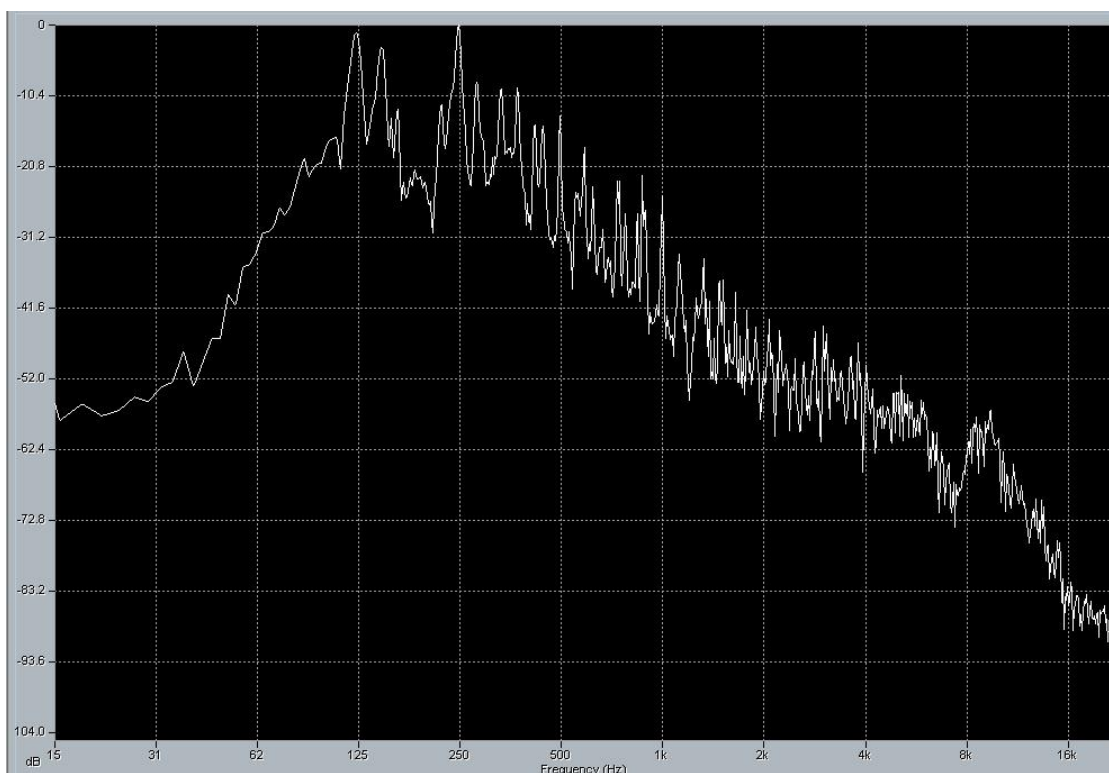


Figura 75 - Analisador de Espectro do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de solo de violão e microfone Shure com cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

Por fim, apresentam-se as Tabelas 11 e 12 referentes à primeira e segunda faixa analisaram, respectivamente. Mostra-se nelas, a intensidade em dBV e de tensão para as frequências arbitradas.

Medição do áudio de Solo no violão com Shure SM58 Cabo Volcano, Faixa 1		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
247	-0,25	0,9716
494	-14,3	0,1927
994	-26,64	0,0465
2985	-51,78	0,0025
9389	-60,1	0,0009

Medição do áudio de Solo no violão com Shure SM58 Cabo Hayonik, Faixa 1		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
247	-0,25	0,9716
494	-14,67	0,1847
994	-26,83	0,0455
2985	-49,82	0,0032
9389	-57,34	0,0013

Diferença Modular entre os cabos , Faixa 1		
Frequência em Hz	Diferença em dBV	Diferença em Volts
247	0	0
494	0,37	0,008
994	0,19	1,0E-03
2985	1,96	0,0007
9389	2,76	0,0004

Tabela 11 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Shure) referente à primeira faixa escolhida do áudio de solo de violão.
 FONTE: Autor.

Medição do áudio de Solo no violão com Shure SM58 Cabo Volcano, Faixa 2			
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts	
247	-0,33	0,9627	
494	-3,74	0,6501	
736	-17,02	0,1409	
1729	-33,67	0,0207	
9317	-55,67	0,0016	

Medição do áudio de Solo no violão com Shure SM58 Cabo Hayonik, Faixa 2			
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts	
247	-0,33	0,9627	
494	-4,23	0,6144	
736	-17,52	0,133	
1729	-34,79	0,0182	
9317	-53,77	0,002	

Diferença Modular entre os cabos, Faixa 2			
Frequência em Hz	Diferença em dBV	Diferença em Volts	
247	0	0	
494	0,49	0,0357	
736	0,5	7,9E-03	
1729	1,12	0,0025	
9317	1,9	0,0004	

Tabela 12 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Shure) referente à segunda faixa escolhida do áudio de solo de violão.
FONTE: Autor.

3.4. CAPTURA DO ÁUDIO RUÍDO BRANCO

O *White Noise* (Ruído Branco) é um sinal aleatório, com densidade de potência *flat* (plana) espectral. Escolheu-se analisar este tipo de som por ele ser constante, *flat* e não possuir uma frequência fundamental.

O Ruído Branco foi baixado da internet no formato .mp3, portanto foi apenas reproduzido no equipamento de alta fidelidade com o intuito de apenas recapturar-se seu sinal sonoro.

Foi utilizado o microfone Behringer B1 para recapturação do áudio com os dois cabos (Figura 76).



Figura 76 - Recapturação do áudio de White Noise com microfone Behringer B1.
FONTE: Autor.

As formas de onda do *White Noise* referentes aos cabos Volcano e hayonik, respectivamente, são apresentadas nas Figuras 77 e 78.

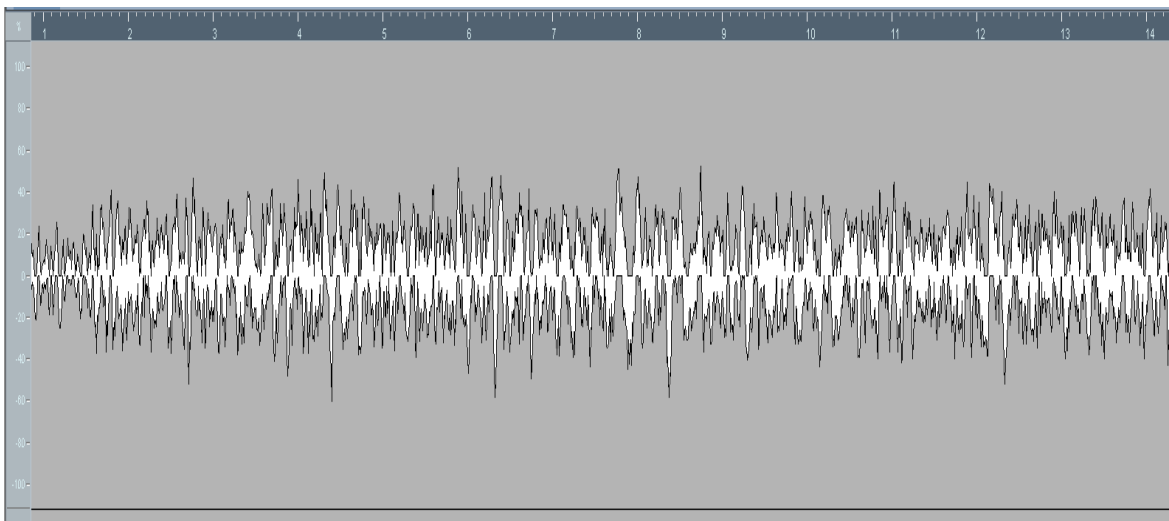


Figura 77 - Forma de onda do áudio da gravação do White Noise referente ao microfone Behringer com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

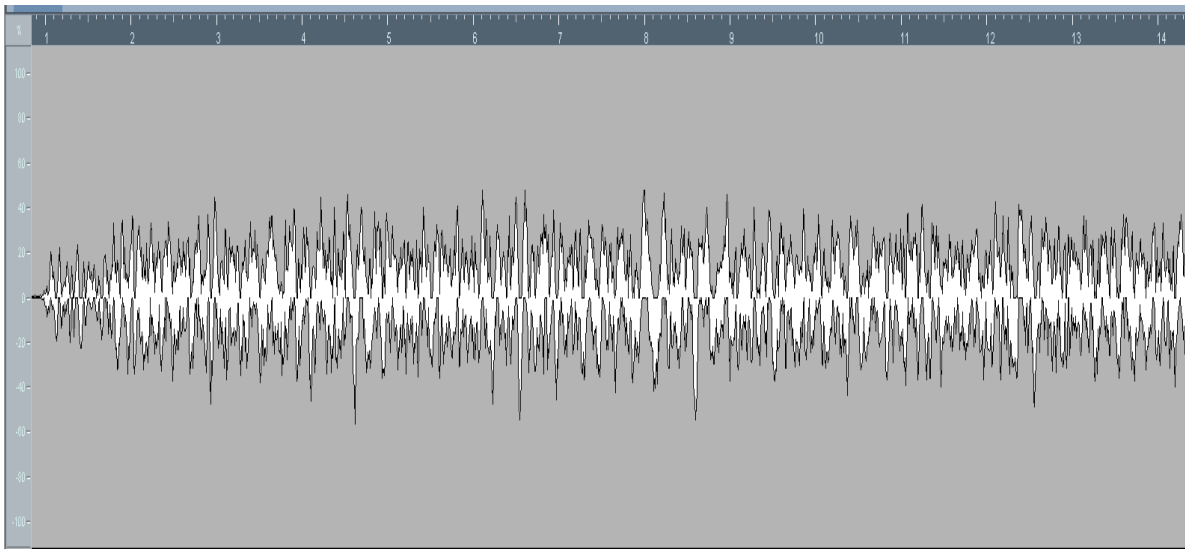


Figura 78 - Forma de onda do áudio da gravação do White Noise referente ao microfone Behringer com cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

A análise de espectro da tensão em função da frequência é apresentada nas Figuras 79 e 80 para o cabo Volcano e Hayonik, respectivamente.

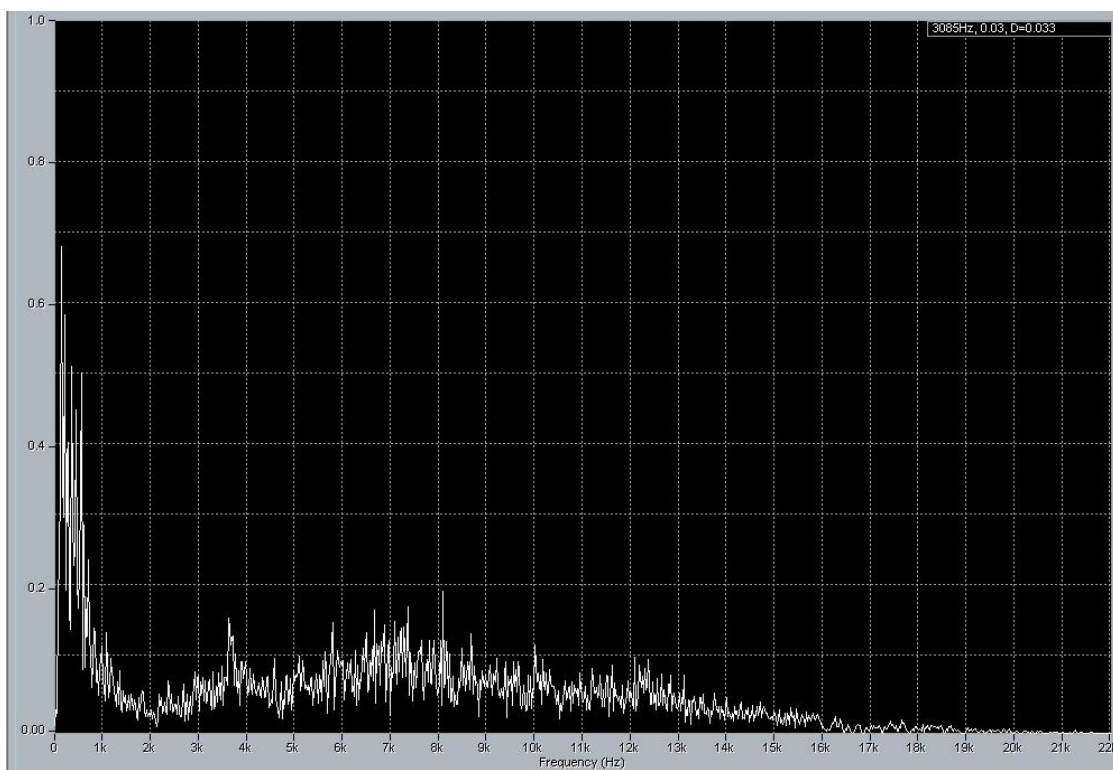


Figura 79 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de White Noise e microfone Behringer com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

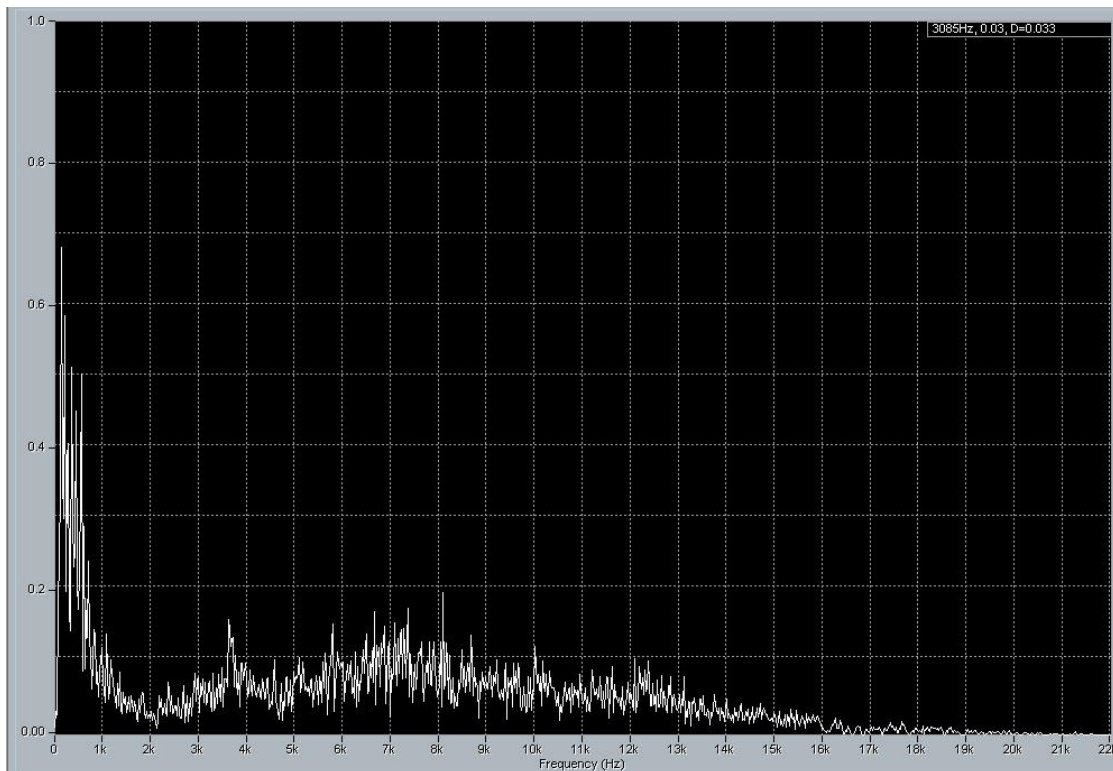


Figura 80 - Analisador de Espectro da tensão em função da frequência referente ao áudio de White Noisee microfone Behringer com cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

Também mostra-se nas Figuras 81 e 82 o analisador de espectro do nível em dBV em função da frequência para os cabos Volcano e Hayonik, respectivamente.

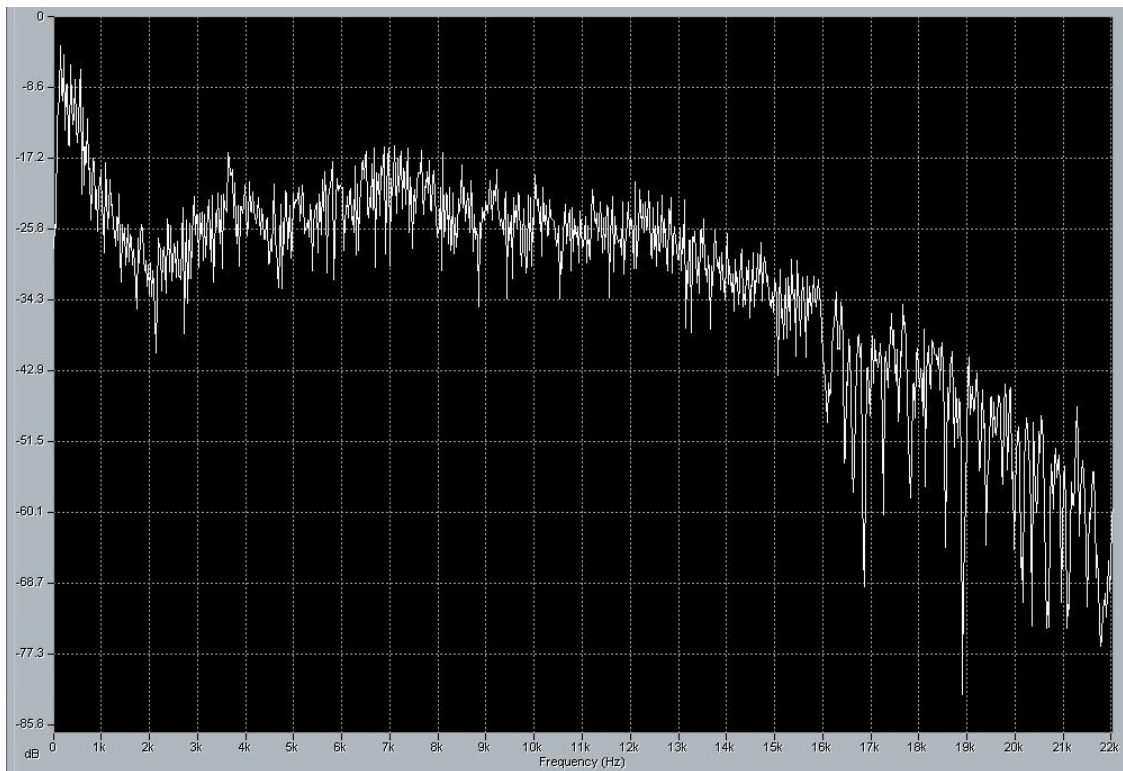


Figura 81 - Spectrum Analyzer do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de White Noise e microfone Behringer com cabo Volcano.
FONTE: Autor.

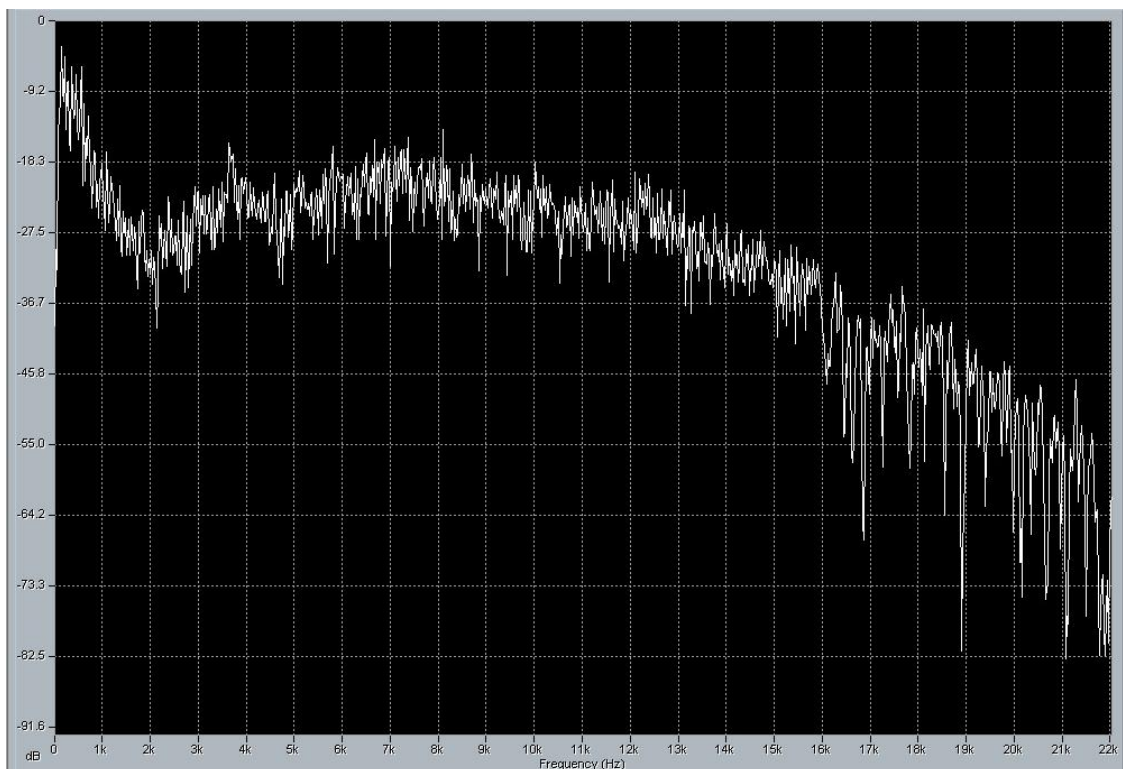


Figura 82 - Spectrum Analyzer do nível em dBV em função da frequência referente ao áudio de White Noise e microfone Behringer com cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

Por fim, apresenta-se a Tabela 13 com os valores de intensidade de nível dBV e tensão de algumas frequências arbitradas.

Gravação do som White Noise com Cabo Volcano		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
170	-0,15	0,9828
201	-4,7	0,5821
349	-5,56	0,5272
558	-9,66	0,3288
5481	-26,52	0,0472
10700	-23,43	0,0673

Gravação do som White Noise com Cabo Hayonik		
Frequência em Hz	Nível em dBV	Nível em Volts
170	-0,14	0,984
201	-4,56	0,5915
349	-5,43	0,5351
558	-9,21	0,3463
5481	-27,07	0,0443
10700	-23,13	0,0697

Diferença Modular entre os cabos		
Frequência em Hz	Diferença em dBV	Diferença em Volts
170	0,01	0,0012
201	0,14	0,0094
349	0,13	0,0079
558	0,45	1,8E-02
5481	0,55	0,0029
10700	0,3	0,0024

Tabela 13 - Levantamento de dados para os cabos Volcano e Hayonik (microfone Behringer) referente ao áudio de White Noise.

FONTE: Autor.

3.5. DIFERENÇAS DE FORMAS DE ONDA - MATLAB

Após a gravação de todas as faixas de áudio, são apresentadas, então, algumas diferenças da forma de onda, melhores visualizadas e ampliadas, através do software MatLab.

Foi utilizado os seguintes comandos no MatLab:

```
y=wavread('nome do arquivo.wav')
```

```
y1=wavread('nome do arquivo 2.wav')
```

```
plot (y,'color', 'blue')
```

```
hold on
```

plot (y1,'color', 'red')

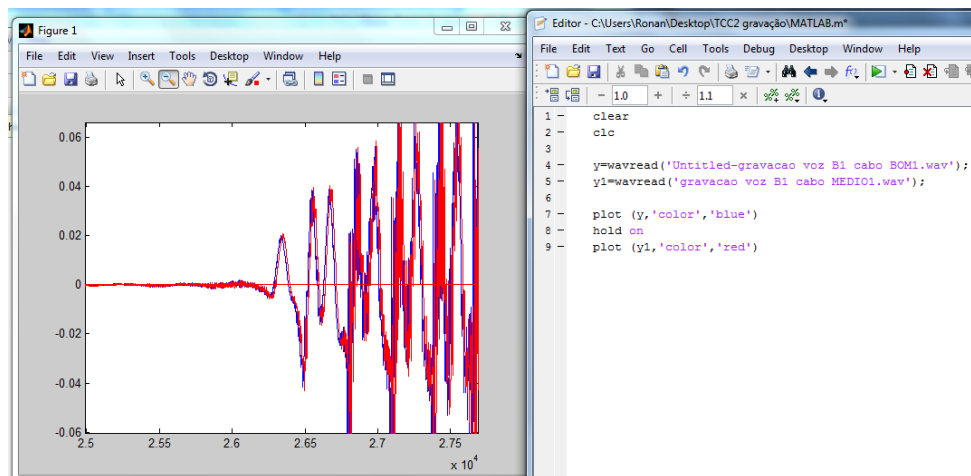


Figura 83 - Tela de comando do MatLab.
FONTE: Autor.

Primeiramente, plota-se algumas faixas da diferença entre o arquivo .wav da gravação de voz com o cabo Volcano (em azul) e o cabo Hayonik (vermelho). Mostram-se duas plotagens nas Figuras 84 e 85. Todas as plotagens no MatLab de cor azul são referentes ao cabo Volcano e de cor vermelha são referentes ao cabo Hayonik.

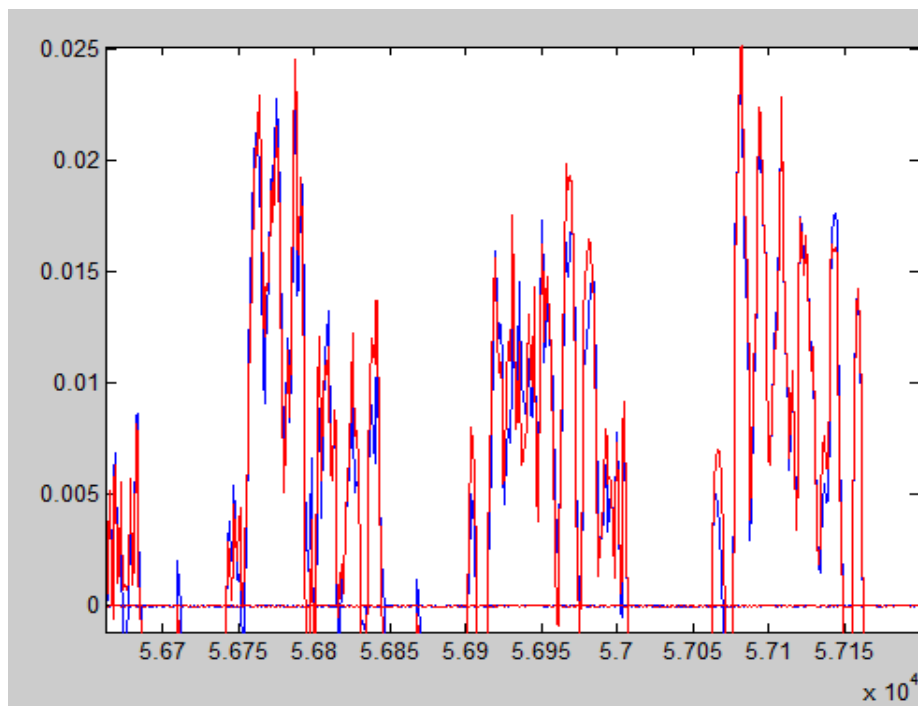


Figura 84 - Primeira plotagem da diferença entre cabos - gravação da voz. Em azul, forma de onda do cabo Volcano. Em vermelho, forma de onda do cabo Hayonik.
FONTE: Autor.

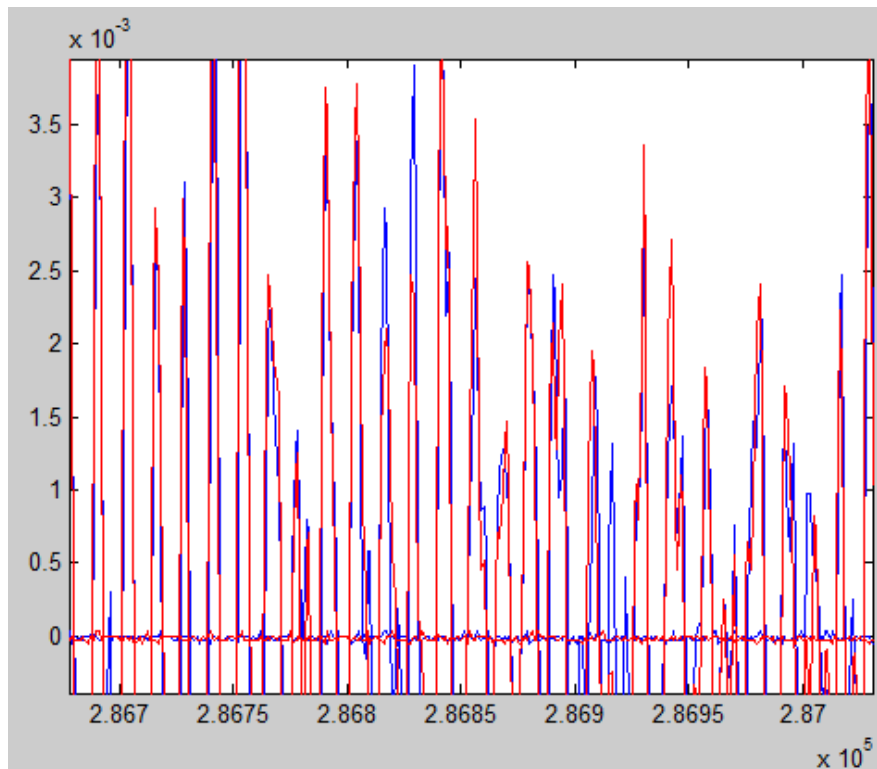


Figura 85 - Segunda plotagem da diferença entre cabos - gravação da voz.
 FONTE: Autor.

Plota-se, também, uma das formas de onda da gravação do violão elétrico (escolheu-se os "acordes"). Mostram-se, as plotagens, nas Figuras 86 e 87.

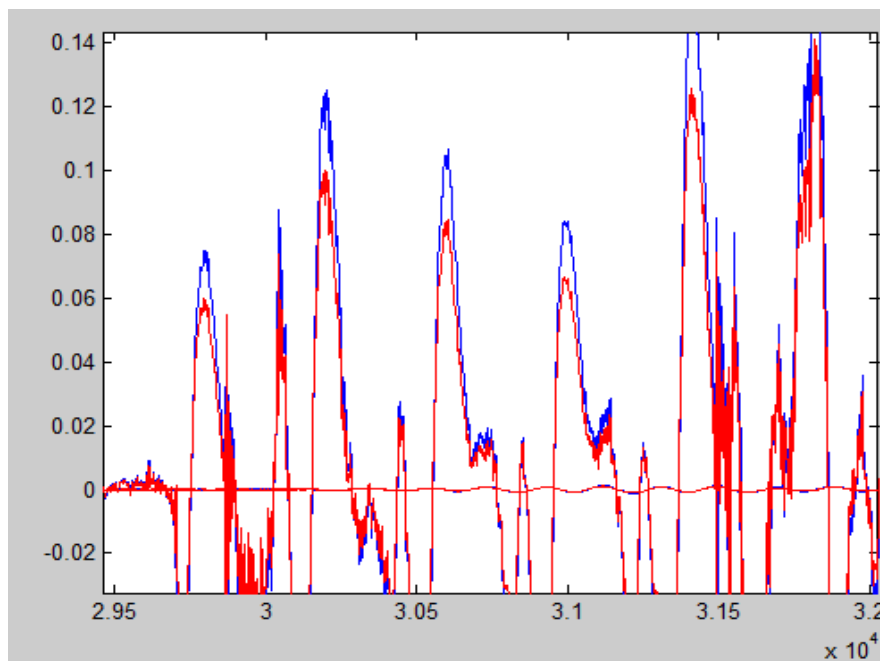


Figura 86 - Primeira plotagem da diferença entre cabos - gravação de acordes de violão.
 FONTE: Autor.

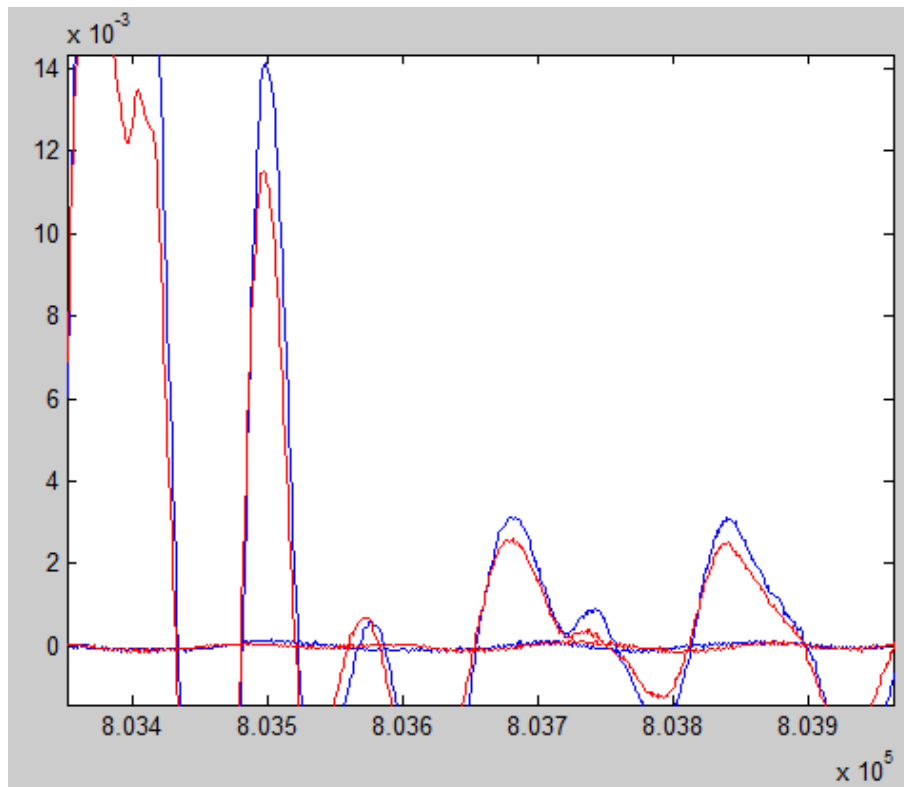


Figura 87 - Segunda plotagem da diferença entre cabos - gravação de acordes de violão.

FONTE: Autor.

Por fim, tem-se uma única plotagem da diferença das formas de ondas referentes à gravação do *White Noise* com cabo Volcano (azul) e cabo Hayonik (vermelho), que é vista na Figura 88.

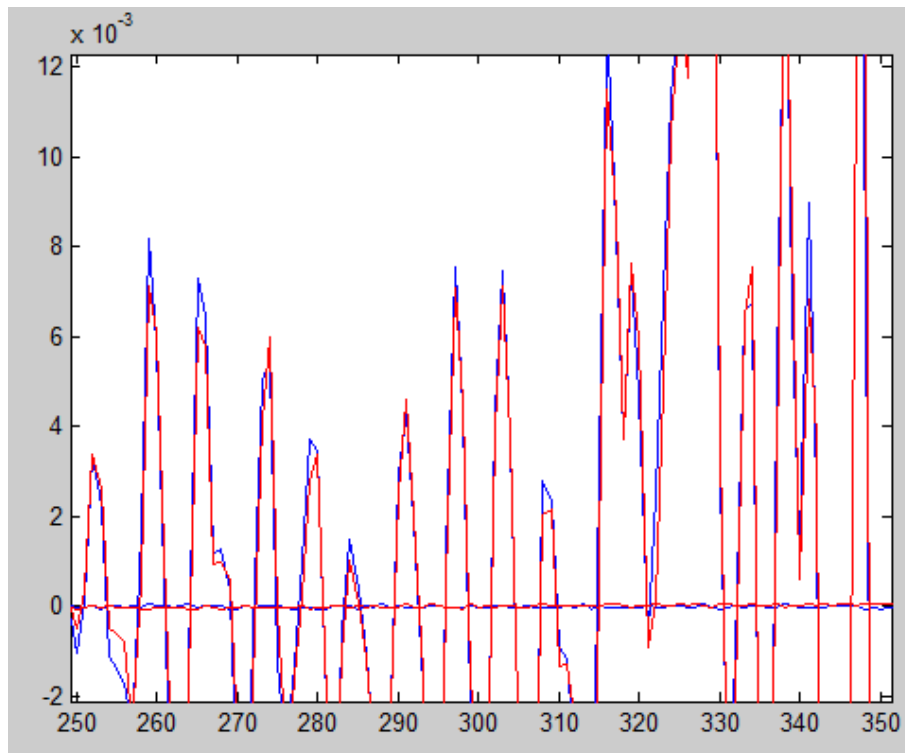


Figura 88 - Plotagem da diferença da forma de onda - *White Noise*.
 FONTE: Autor.

3.6. DIFERENÇA TÉCNICA DOS CABOS

No laboratório BIOTA, pertencente ao CPGEI, da UTFPR, foram realizadas medições técnicas nos cabos apresentados no trabalho. Mediu-se através do aparelho *Agilent 4294A Precision Impedance Analyzer (40Hz - 110MHz)*, visto na Figura 89.



Figura 89 - Agilent 4294A Precision Impedance Analyzer.
 FONTE: Autor.

O procedimento foi medir a capacitância e condutância em paralelo e a resistência e indutância em série. Mede-se do pino 2 para o 3, sendo estes o positivo e o negativo do cabo, exemplificado na Figura 91.



Figura 90 - Procedimento de medição das especificações dos cabos.
FONTE: Autor.

Os resultados da medição do cabo Volcano (com 3m de comprimento) foram apresentados na Tabela 14:

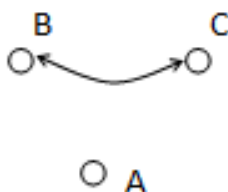


Figura 91 - Medição entre os pinos 2 e 3 dos cabos XLR-XLR.
FONTE: Autor.

Frequência (Hz)	Cp (F)	Gp(S)	L (H)	R (Ω)
3.85 k	108 p	182 n	1.56 μ	255 m
101 k	67.68 p	2.4 μ	3.26 μ	400 m
502 k	68.30 p	4.16 μ	3.02 μ	855.88 m
948 k	67.58 p	6.65 μ	2.94 μ	1.18

Tabela 14 - Resultado da medição entre pino 2 e 3, cabo Volcano
FONTE: Autor.

Os resultados da medição do cabo Hayonik (com 5m de comprimento) foram apresentados na Tabela 15:

Frequência (Hz)	Cp (pF)	Gp(S)	L (H)	R (Ω)
3k	280.3 p	179 n	3.7 μ	2.8
100k	275.5 p	3.02 μ	3.58 μ	1.24
503k	271.8 p	13.27 μ	3.2 μ	2.9
948k	272.3 p	29.17 μ	3.07 μ	3.6

Tabela 15 - Resultado da medição entre pino 2 e 3, cabo Hayonik.

FONTE: Autor.

3.7. OPINIÃO PROFISSIONAL

Decidiu-se apresentar algumas questões respondidas por um profissional da área de gravação e estúdio. O profissional escolhido foi Julio Henrique Miottoque, que trabalha, atualmente, no estúdio *The Magic Place* em Florianópolis - SC. Este é um dos mais conceituados estúdios da região, frequentado por inúmeros profissionais do ramo da música. Em uma entrevista por email, Julio H. Miotto respondeu às seguintes perguntas:

1. Qual sua experiência em gravações de áudio?

R: *"Comecei a me interessar por gravações lá pelos 15 anos de idade, quando comecei a compor músicas pelo programa Guitar Pro, mas senti a necessidade de passar para instrumentos de verdade. Demorou muito até eu ter a oportunidade de começar a estudar essa área; por volta de 2007, comecei a estudar gravação por conta própria com o livro *Modern Recording Techniques*, do produtor David Miles Huber, e mixagem com o livro e a clássica vídeo aula *The Art of Mixing*, de David Gibson. Foi apenas no segundo ano da faculdade de licenciatura em música na UDESC, em 2010, que tive meu primeiro contato com um professor de tecnologia de áudio e gravação. No ano seguinte, trabalhei como bolsista no estúdio da própria UDESC, e durante as férias de meio de ano iniciaram as gravações do meu primeiro trabalho como produtor: um EP da minha própria banda, totalmente independente e com equipamentos próprios. Em 2012 entrei como técnico de som no estúdio *The Magic Place*, um grande estúdio com mais de*

15 anos de atuação em Florianópolis. Desde então, tenho participado da gravação de muitos discos pelo estúdio, e alguns outros trabalhos de trilhas, gravação, produção e mixagem por conta própria."

2. Poderia descrever um pouco dos equipamentos que são relevantes para obter uma gravação de qualidade dentro do estúdio em que trabalha?

R: "Acredito que todos os equipamentos que passam desde a captação até os monitores de som são relevantes em suas propriedades. A qualidade da gravação depende de uma sobreposição de qualidades enorme: a qualidade dos microfones, dos cabos, dos pré-amplificadores, do conversor a/d d/a (no caso da gravação ser digital), além da qualidade dos equipamentos e cabos de retorno até os monitores, no caso da mixagem."

3. O que você relata sobre a importância dos cabos em gravações de melhor qualidade?

R: "As experiências que tive com cabos sempre me demonstraram que a qualidade é importante, mas que nem sempre um cabo caro significa que ele é o melhor. Não estou querendo dizer que cabos baratos são bons, pois as experiências que tive com cabos baratos não foram boas de forma alguma, mas que existem diversas marcas de cabos de alta qualidade e diversos preços, e que muitas vezes o cabo ideal não seja o mais caro. De qualquer forma, o cabo vai alterar o som, o que o engenheiro de som precisa ter em mente é que tipo de alteração você procura ou evita."

4. Qual a experiência dos músicos quando se alteram cabos em seus instrumentos, por exemplo, guitarras e microfones?

R: "Vou falar sobre as experiências que tive com guitarristas que gravei no estúdio The Magic Place. Temos três cabos p10-p10 que costumamos usar para instrumentos no estúdio. Um Monster Cable Jazz, um Monster Cable Rock, e um Mogami com plugs Neutrik montado pelo meu chefe, todos com aproximadamente 5m."

Quando a gente percebe que o músico não é muito entendido, nós fazemos as escolhas que achamos mais legais pro estilo de som por ele, mas quando músicos profissionais gravam conosco, preferimos testar todos os cabos e dar ao músico a oportunidade de procurar o melhor som para o seu instrumento. Todos os guitarristas que gravei até hoje escolheram o cabo Mogami, que visualmente, é o que menos chama a atenção. Visualmente é um cabo normal, relativamente sensível, que não seria bom para levar para shows pela durabilidade. Porém, o argumento que nos dão para a escolha desse cabo é a definição e o brilho que ele traz ao som. Outra afirmação que sempre se repetiu é que o Monster Cable Jazz tem um som um pouco fechado, com menos brilho, e mais aveludado (deixa o ataque menos estridente)."

5. Existe diferença de áudio quando se grava com diferentes equipamentos, cabos e microfones?

R: "Muita diferença. Cada equipamento tem um som próprio e, para ouvidos treinados, é possível se distinguir facilmente essas diferenças. Temos microfones, por exemplo, que são excelentes para gravar um piano pop-rock, mas que passam longe de qualquer gravação de piano erudito. Os cabos que a gente utiliza normalmente são os Mogami, porém, também temos cabos Belden e Reference no estúdio, sendo os Belden mais utilizados em gravações de bateria, e os Reference só utilizados quando faltam Mogami e Belden, pois têm uma qualidade um pouco inferior, e uma leve perda de agudos quando comparados lado a lado com os outros."

6. Auditivamente, o que você percebe ao mudar o cabo utilizado nas gravações?

R: "Para resumir, segundo minhas experiências, cabos de alta qualidade trazem um som mais cristalino à gravação, com uma presença diferenciada nos agudos, trazendo o brilho sem aquele agudo estridente, como se estivesse passando um hi shelf nos

5kHz com um equalizador ruim. Outro detalhe que reparei, mas que não tive oportunidade de testar para fazer comparações, é que cabos de baixa qualidade tendem a embolar as regiões mais graves do som. Digo isso, pois gravei uma guitarra de oito cordas com um cabo santo angelo de um modelo inferior, e tive dificuldades com a mixagem na definição dos graves, enquanto as guitarras que foram gravadas com meu Monster Cable Rock ficaram mais definidas. Porém, as gravações foram feitas no sábado com o santo angelo, e no domingo com o monster cable, portanto, existem muitas variáveis que podem ter influenciado nessa questão, mas mesmo assim fiquei intrigado em relação aos cabos."

CONCLUSÕES

Depois de concluídos todos os objetivos propostos no trabalho e verificados os itens quantitativos e qualitativos da gravação de todos os áudios propostos, pode-se chegar a algumas conclusões referentes às diferenças da utilização de diferentes cabos em processos de gravação de áudio profissional.

A análise em software de áudio, através da forma de onda e análise de espectro, permite-se concluir que há uma diferença notável em todas as faixas de áudio escolhidas para análise. Em algumas frequências, o cabo Volcano apresenta maior nível em dBV e tensão, e em outras frequências ocorre o inverso - o cabo Hayonik apresenta maior nível. Muito raramente algumas frequências não apresentaram diferenças. Nota-se uma diferença também na sobreposição das formas de onda analisadas no MatLab ao plotar as formas de onda do cabo Volcano e Hayonik, assim, vendo com mais clareza que existe uma grande diferença em praticamente toda a onda que compõe o áudio gravado. Visualmente pelo software Cubase, através dos gráficos de nível dBV pela frequência e nível de tensão sobre a frequência, também percebe-se esta diferença de frequência a frequência.

As características técnicas também apontam diferenças notáveis quanto à capacitância, condutância, resistência e indutância. Como citado no trabalho, as propriedades elétricas dos cabos interferem no seu resultado final (sinal de entrada e sinal de saída supostamente deveriam ser os mesmos). Sendo assim, pode-se concluir que, mesmo com comprimentos diferentes, os cabos também possuem uma grande diferença técnica.

Pode-se concluir também que, de acordo com a teoria apresentada e opinião profissional, nem sempre o cabo caro significa que é o de melhor qualidade. Por possuir diversas características técnicas, tamanhos, blindagens, conectores, etc, o ideal é escolher o cabo que melhor se encaixa no perfil da gravação. Nem sempre um cabo caro e de liga de prata pode ser o melhor a se escolher. Profissionalmente, também, existem mais vertentes para a escolha do cabo. Nem sempre um cabo que tem uma qualidade melhor para gravar um áudio de *Rock* se comportará melhor com uma gravação de *Jazz*, por exemplo.

Conforme os estudos, nota-se um grande diferencial em praticamente todos os harmônicos que compõe o áudio gravado, sendo assim, dizer que o cabo possui uma alta qualidade ou não, se torna muito relativo.

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso proporcionou grande aprendizado na área da engenharia de áudio e estudos matemáticos e físicos acerca do som e suas características. Por se ter pouco contato com a área profissional de áudio, proporcionou um grande conhecimento em estudos diferenciados e somaram muito para formação profissional. Por fim, o trabalho abre portas para novos estudos e experiências relacionadas ao mundo da engenharia de áudio e audiófilos, podendo trabalhar em implementações técnicas e melhorias em grandes estúdios e gravações.

REFERÊNCIAS

AALBORG UNIVERSITY, Sound Quality Research Unit. **ResearchAreas**. Disponível em <http://acoustics.aau.dk/research/SQRU/areas.php>. Acessado em 19 de Setembro de 2011.

ALVARENGA, Luiz Gonzaga De. **Breve Tratado Sobre o Som e a Música**. 1. ed, 2008.

ANDRETTE, Fernando. **Áudio Vídeo Magazine**: arte em reprodução eletrônica. Cavi, São Paulo, ano 15, n. 166, p. 66-67, abr. 2011

FONSECA, Nuno. **Introdução à Engenharia do Som**. FCA Editora de Informática, 2007.

HARLEY, Robert, **The Complete Guide to High-End Audio**, Third Edition, Acapella Publishing, New Mexico, 2004.

HORWARD, David M; ANGUS, James. **Acoustics & Psychoacoustics**. Focal Press, Oxford, 1995.

HUBER, David Miles; RUNSTEIN, Robert E. **Modern Recording Techniques**. 6th ed., Focal Press, 2005.

M-AUDIO FAST TRACK C400. Disponível em: <http://www.avid.com/US/products/Fast-Track-C400/Features#TechSpecs>. Acessado em 17 de fevereiro de 2013.

MARTINS, Júlio. **É POSSÍVEL EXISTIR ALTA-FIDELIDADE EM ÁUDIO? UMA ANÁLISE DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO, GRAVAÇÃO E REPRODUÇÃO SONORAS À LUZ DA TEORIA DA PERCEPÇÃO PEIRCEANA**.

Disponível em <http://www.intercom.org.br/papers/sipec/ix/trab61.htm>. Acessado em 25 de Setembro de 2011.

KNIRSCH, disponível em: <http://www.byknirsch.com.br/artigos-04-10-cabos2.shtml>>. Acessado em: 11 de maio de 2012.

MIROL, Vitor, ANDRETTE, Fernando, Metodologia. Disponível em <http://www.clubedoaudio.com.br/MateriaTecnica/metodologia.aspx> : Acessado em 19 de jun.2011.

OWSINSKI, Bob. **The Recording Engineer's Handbook**. 2nd ed., Course Technology, 2009.

PINHO, Antônio Carlos; FERREIRA, Carlos Eduardo; PINHO, Kátia Elisa Prus. **A MÚSICA É COMUNICAÇÃO**. Artigo SEURS de 2011.

RUMSEY, Francis. **Desktop Audio Technology**. Focal Press, 2004.

RUMSEY, Francis; McCORNICK, Tim. **Sound and Recording**. 5th ed., Focal Press, 2006.

STRONG, Jeff. **Home Recording for Musicians for Dumies**. 3th ed., Wiley Publishing, inc., 2009.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**, Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. Curitiba: UTFPR, 2008.

ZUCCHINI, Walter. Apostilas e Cursos de Áudio Profissional: **Balanceado x Não Balanceado**. Disponível em: <http://qgdaluz.com.br/Apostilas%20e%20Cursos%20de%20%C3%81udio%20Profissional/Balanceado%20x%20N%C3%A3o-Balanceado.pdf>. Acessado em 28 de Setembro de 2011.

ANEXO A - Características técnicas da M-Audio Fast Track C400.

Compatibility	
WDM	
Core Audio	
ASIO II	
MME	
Mic Inputs (A/D)	
Mic Input Impedance	2.2k ohms unbalanced, 4.4k ohms balanced
Maximum Input Level	+2dBu unpadded, +22dBu padded
Channel-to-Channel Crosstalk	< -110dB
SNR (min gain, no pad)	-106dB, A-weighted
Dynamic Range (min gain, no pad)	106dB, A-weighted
THD+N (min gain, no pad)	0.0020% (-94dB) @ -1dBFS, 1kHz
Frequency Response	20Hz to 20kHz, +/- 0.2dB
Preamp Gain	50dB
Pad	-20dB pad
EIN (150R)	-127dB
Instrument Inputs (A/D)	
Input Impedance	1M ohm, unbalanced
Maximum Input Level	+0dBV unpadded, +16dBV padded
SNR (min gain, no pad)	-106dB, A-weighted
Dynamic Range (min gain, no pad)	106dB, A-weighted
THD+N (min gain, no pad)	0.0032% (-90dB) @ -1dBFS, 1kHz
Frequency Response	20Hz to 20kHz, ± 0.2dB @ 48kHz sample rate
Preamp Gain	50dB
Pad	-20dB pad

Line Inputs (A/D)	
Line Input Impedance	10k ohms unbalanced, 20k ohms balanced
Maximum Input Level	+2dBu unpadding, +22dBu padding
Channel-to-Channel Crosstalk	< -110dB
SNR (min gain, no pad)	-108dB, A-weighted
Dynamic Range (min gain, no pad)	108dB, A-weighted
THD+N (min gain, no pad)	0.0020% (-94dB) @ -1dBFS, 1kHz
Frequency Response	20 Hz to 20 kHz (± 0.02 dB)
Preamp Gain	50dB
Pad	-20dB pad
Line Outputs (D/A)	
Output Impedance	150 ohms, unbalanced / 300 ohms, balanced
Maximum Output Level	+10.2dBu, balanced / +2.1dBV, unbalanced
Channel-to-Channel Crosstalk	< -110dB
SNR	-108dB, A-weighted
Dynamic Range	108dB, A-weighted
THD+N	0.0022% (-93dB) @ -1 dBFS, 1kHz
Frequency Response	20Hz to 20kHz, ± 0.1 dB
Headphone Output (D/A)	
Max Output Level into 32 Ohms	-2.0dBV at THD < 0.03% into 32 ohms
Power into Ohms	20 mW into 32 ohms
Channel-to-Channel Crosstalk	< -70dB
SNR	-104dB, A-weighted
Dynamic Range	104dB, A-weighted
Frequency Response	20Hz to 20kHz, ± 0.3 dB

ANEXO B - Características técnicas do Shure SM58

Type	Dynamic (moving coil)
Frequency Response	50–15,000 Hz
Polar Pattern	Cardioid
Output Impedance	EIA rated at 150Ω (300Ω actual)
Sensitivity (at 1 kHz, open circuit voltage)	–54.5 dBV/Pa (1.85 mV)*
Polarity	Positive pressure on diaphragm produces positive voltage on pin 2 with respect to pin 3
Weight	<i>Net:</i> 0.298 kg (0.656 lb)
Connector	Three-pin professional audio (XLR), male
Case	Dark gray, enamel-painted, die cast metal; matte-finished, silver colored, spherical steel mesh grille

ANEXO C - Características do Behringer B-1

Transducer type	condenser, 1" single diaphragm
Operating principle	pressure gradient
Polar pattern	cardioid
Connection	gold-plated balanced XLR connector
Open circuit voltage at 1 kHz	-34 +/-2 dBV (0 dBV = 1 V/Pa)
Open circuit sensitivity	20 mV/Pa
Frequency range	20 Hz - 20 kHz
Level attenuation	-10 dB (switchable)
Low-Cut filter	6 dB/Octave at 75 Hz (switchable)
Max. SPL (1% THD @ 1 kHz)	138 dB (0 dB), 148 dB (-10 dB)
Equivalent SPL (IEC 268-4)	13 dB-A
Signal-to-noise ratio re 1 Pa	81 dB A-weighted
Nominal impedance	50 Ω
Load impedance	> 1 k Ω

Mains Voltage/Fuse

Supply voltage	+48 V
Supply current	3 mA

Physical/Weight

Dimensions	\emptyset : 58 mm, length: 174 mm
Weight	0.45 kg