UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARTES, CULTURAS E LINGUAGENS

Charles Klippel Neimog

Afinação Justa, Crivos e (As)Simetrias: Estratégias Composicionais com Implementação em OpenMusic

Juiz de Fora
2021

Charles Klippel Neimog

Afinação Justa, Crivos e (As)Simetrias: Estratégias Composicionais com Implementação em OpenMusic

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Artes, Culturas e Linguagens da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Interartes e Música. Área de concentração: Interartes e Música.

Orientador: Dr. Luiz Castelões

Juiz de Fora

2021

Charles K. Neimog

Afinação Justa, Crivos e (As)Simetrias: Estratégias Composicionais em OpenMusic

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Artes, Culturas e Linguagens como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Artes, Culturas e Linguagens. Área de concentração: Teoria e Processos Interdisciplinares.

Aprovada em 04 de fevereiro de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz E. Castelões - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Marta Castello Branco

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Felipe de Almeida Ribeiro

Universidade Estadual do Paraná – Campus I

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Klippel Neimog, Charles.
Afinação Justa, Crivos e (As)Simetrias : Estratégias Composicionais com Implementação em OpenMusic / Charles Klippel Neimog. -- 2021.
141 f. : il.

Orientador: Luiz Castelões
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Artes e Design. Programa de Pós-Graduação em Artes, Cultura e Linguagens, 2021.

1. Afinação Justa. 2. Composição Assistida por Computador. 3. Crivos. 4. OpenMusic. I. Castelões, Luiz, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Juiz de Fora pelo apoio financeiro.

Ao PPG-ACL e seus (suas) excelentes professores(as). Cito com especial carinho a professora Marta Castello Branco, o professor Daniel Quaranta e a professora Maria Claudia Bonadio.

À secretaria do PPG-ACL pela colaboração nas partes burocráticas.

Aos amigos Lucas Miranda, Jéssica Wisniewski, Adriana Alves e João Jacob.

Ao prof. Luiz Castelões, um especial agradecimento pela leitura atenta ao trabalho e por toda colaboração e discussão que foi essencial para que esta pesquisa chegasse ao atual nível.

À minha família e especialmente a minha mãe que me disse durante esse mestrado: “Eu não pude ser professora, mas você será por mim”.

À Jordana por toda ajuda, carinho e apoio.

A todo aquele teórico e aquela teórica que contribuiu para que eu pudesse observar a aproximação entre as áreas da matemática, a computação e a música.

RESUMO

Nesta pesquisa apresentaremos formas de organização de alturas da Afinação Justa através dos crivos de Iannis Xenakis. Nos concentraremos na Afinação Justa de Harry Partch com a Tonalidade-Diamante, no sistema de Afinação utilizado por Ben Johnston nos quartetos de cordas no. 2 e no. 3, no Moment of Symmetry de Erv Wilson, e por fim no Combination Product-Set também de Erv Wilson. Após a apresentação destes sistemas faremos considerações sobre o uso dos crivos para o controle da Afinação Justa dentro de nosso contexto composicional. Após essa parte teórica, apresentaremos as bibliotecas OM-JI e OM-Sieves, desenvolvidas como parte desta pesquisa para facilitar a incorporação da Afinação Justa e dos crivos no ambiente do OpenMusic/OM-Sharp, finalizando com processos composicionais criados a partir dos crivos e das Afinações Justas dentro da obra Arabesque | 19 11 97.

Palavras-chave: Afinação Justa. Composição Assistida por Computador. Crivos.

ABSTRACT

In this research, we will present ways of organizing pitches from Just Intonation through Iannis Xenakis' Theory of the Sieves. We will focus on Harry Partch's Just Intonation with the Diamond-Tonality, on the Tuning system used by Ben Johnston in the string quartets no. 2 and no. 3, in the Moment of Symmetry by Erv Wilson, and finally in the Combination Product-Set also by Erv Wilson. Subsequently, we will focus on the use of Sieves Theory to control the Just Intonation within our compositional context. After this theoretical part, we will introduce the libraries OM-JI and OM-Sieves, which facilitates the incorporation of Just Intonation and Sieves Theory in OpenMusic/OM-Sharp environment. Finally, we will share the compositional processes of the Arabesque | 19 11 97.

Keywords: Just Intonation. Computer Assisted Composition (CAC). Sieves.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplo da série harmônica. Imagem do autor. 21
Figura 2 - Tonalidade Diamante sem equivalência de oitavas (baseado em JEDRZEJEWSKI, 2002, p. 239). 26
Figura 3 - Tonalidade Diamante seguindo o diagrama de Ekman (2011, p. 10). 27
Figura 4 - Diamante limite-5 com a equivalência de oitavas. (PARTCH, 1974, p. 110). 27
Figura 5 - Exemplo de como há séries harmônicas dentro de série harmônicas. Imagem do autor. . 32
Figura 6 - 3/2 aplicado ascendentemente para 1/1 e descentemente para 2/1 (JOHNSTON, 2006, p. 17). 34
Figura 7 - Intervalo 5/4 aplicado ascendentemente para 1/1 e descentemente para 3/2 (JOHNSTON, 2006, p. 17). 35
Figura 8 - Escalas derivadas das tríades menores e maiores (JOHNSTON, 2006, p. 23). 36
Figura 9 - Exemplificando o MOS sobre o intervalo 5/4 sobreposto 2 vezes. Imagem do autor. 37
Figura 10 - MOS de 5/4 sobreposto 6 vezes. Imagem do autor. 38
Figura 11 - Hexany segundo Erv Wilson (Narushima, 2017, p. 153). 41
Figura 12 - Notação tradicional para o Hexany 3, 5, 13 e 21. Imagem do autor. 42
Figura 13 - Eikosany (1 3 5 7 9 11) em notação, os números acima se referem ao desvio em cents. Imagem do autor. 43
Figura 14 - Demonstração de como os intervalos dos CPS formam várias séries harmônicas diferentes. Imagem do autor. 45
Figura 15 – O espectro tem o seguinte conteúdo intervalar a partir do C♯3: (924¢ 231¢ 462¢ 694¢ 231¢ 694¢ 231¢ 694¢ 462¢ 231¢ 924¢). 54
Figura 16 - Exemplo do perfil melódico simétrico. 54
Figura 17 - Comparação entre os intervalos 5 e 7 e 35 e 49. 56
Figura 18 - Exemplo de como os harmônicos 35 e 49 podem ser interpretados como 5 e 7 de 7. 57
Figura 19 - Estrutura unindo Wilson, Xenakis e Exarchos analisando o crivo ($19_{16} \cup 11_{16}$). Imagem do autor. 58
Figura 20 - Estrutura da série harmônica a partir da decomposição por números primos proposta por Exarchos e adaptada para o contexto da Afinação Justa. Imagem do autor. 60
Figura 21 - Exemplo do objeto *choose*. Imagem do autor. 62
Figura 22 - Exemplo do objeto *range-reduce*. Imagem do autor. 63

Figura 23 - Patch para a redução de oitava de intervalos Utonais. 63
Figura 24 - Exemplo do objeto *rt->mc*. Imagem do autor. 64
Figura 25 - Exemplo do cps->ratio e cps->identity. 64
Figura 26 - Exemplo do uso do objeto *Filter-ac-inst*. 65
Figura 27 - Modulação por notas iguais estruturas de Afinação diferentes. Imagem do autor. 66
Figura 28 - Patch utilizado para comparar estrutura de Partch e Johnston. 67
Figura 29 - Exemplo do objeto voice->text. 68
Figura 30 – Exemplo do objeto *diamond* construindo a Tonalidade-Diamante limite-5. Imagem do autor. 69
Figura 31 - Exemplo do objeto *diamond-identity* - Imagem do autor. 69
Figura 32 - Acordes inversos. Imagem do autor. 70
Figura 33 - Exemplo de inversão de acordes justos. Imagem do autor. 70
Figura 34 - Processo por média aritmética no OM. É o mesmo resultado mostrado na figura 9. Imagem do autor. 71
Figura 35 - Exemplo do objeto *johnston-sob*. Imagem do autor. 71
Figura 36 - Exemplo do objeto Interval-sob. 72
Figura 37 - Construção do sistema de afinação utilizado nos quartetos no. 2 e no. 3. 73
Figura 38 - Sistema de Afinação de 53 notas por oitavas (JOHNSTON, 2006, p. 27). 73
Figura 39 - Uso do objeto mos. Imagem do autor. 74
Figura 40 - Exemplo do objeto mos-verify. Imagem do autor. 74
Figura 41 - Exemplo do objeto mos-check. Imagem do autor. 75
Figura 42 - Exemplo de patch que calcula o princípio de complementaridade. Imagem do autor. 76
Figura 43 - Exemplo do objeto *hexany*. Imagem do autor. 77
Figura 44 - O objeto hexany-connections. Imagem do autor. 77
Figura 45 - Exemplo do uso do objeto hexany-triads. Imagem do autor. 78
Figura 46 - Exemplo da construção do Eikosany no OM. 78
Figura 47 - O objeto eikosany-connections. Imagem do autor. 79
Figura 48 - A construção de tríades no Eikosany. 79
Figura 49 - Exemplo das Tétrades do Eikosany no OM. Imagem do Autor. 80
Figura 50 - Exemplo dos objetos básicos para os crivos de Iannis Xenakis. Imagem do autor. 82
Figura 51 - Objeto *s-union-l*. Imagem do autor. 82
Figura 52 - Objeto s-intersection-l. Imagem do autor. 83

Figura 53 - Objeto s-perfil. Imagem do autor. 83
Figura 54 - Objeto s-decompose. Imagem do autor. 84
Figura 55 - Gera crivos a partir de números aleatórios. Imagem do autor. 84
Figura 56 - Objeto *c-symmetry-perfil*. Imagem do autor. 85
Figura 57 - Constrói crivos com limites móveis. Imagem do autor. 85
Figura 58 – Manipulação de perfis de um *crivo*. Imagem do autor. 87
Figura 59 - Perfil melódico do crivo $19_{16} \cup 11_{16}$ e sua inversão expandida. Imagem do autor. 87
Figura 60 - Exemplo de avaliação de construção do perfil. Imagem do autor. 88
Figura 61 - Diamante utilizando as *identities* 16, 27, 35, 38, 49, 54 e 60. Imagem do autor. 89
Figura 62 - Graus rítmicos. Imagem do autor. 90
Figura 63 - Cadeia rítmica a partir do perfil (11 8 3 11 5 6). Imagem do autor. 90
Figura 64 – Exemplos de avaliações do algoritmo. Imagem do autor. 91
Figura 65 - Exemplo de resultado de material musical gerado por algoritmo a partir das variáveis da obra Arabesque 19 11 97 – Imagem do autor. 92
Figura 66 - Excerto da obra Arabesque 19 11 97. Imagem do autor. 92
Figura 67 - Exemplo de interpolação entre dois perfis melódicos. Imagem do autor. 93
Figura 68 - Processo do perfil. A. Imagem do autor. 94
Figura 69 - Interpolação entre áreas de Afinação. Imagem do autor. 95
Figura 70 - Processo descrito de construção de meio de controle de samples através dos crivos. Imagem do autor. 97
Figura 71 - Patch que constrói arquivo de texto para controle de execução de samples. 98
Figura 72 - Processo de construção de densidade a partir de crivos. Imagem do autor. 99
Figura 73 - Patch que constrói densidades a partir de crivos. Imagem do autor. 100
Figura 74 - Processo de alterar parciais a partir de estrutura de Afinação Justa. Imagem do autor. 101
Figura 75 - Processo de construção de coll. Imagem do autor. 102
Figura 76 - Patch para a troca de parciais no OpenMusic. Imagem do autor. 103
Figura 77 - Patch para síntese de espectro a partir de dados do OM no Max/MSP. Imagem do autor. 104
Figura 78 - Conexão entre o OM# e Spear. Imagem do autor. 105
Figura 79 - Exemplo do patch “caçador de espectro”. Imagem do autor. 107
Figura 80 - Processo para filtrar parciais para a ressíntese. Imagem do autor. 108

Figura 81 - Exemplo de Arabesques e ao meio um diagrama do Eikosany de Erv Wilson. Imagem do autor. 112
Figura 82 – 6ª Diagonal da Otonalidade e Utonalidade sobre o crivo (16 27 35 38 49 54 60). Imagem do autor. 114
Figura 83 – Alturas da sobreposição do intervalo 97. Imagem do autor. 114
Figura 84 - Ironias temperadas. Imagem do autor. 115
Figura 85 - Avaliação do algoritmo seguindo as variáveis mencionadas acima. Imagem do autor. 116
Figura 86 - Exemplo utilizando o perfil (11 8 3 11 5 6). Imagem do autor. 116
Figura 87 - Exemplo da construção da Cadenza a partir de (3 8 11). Imagem do autor. 117
Figura 88 - Motivos rítmicos utilizados para a construção de nosso algorítmico. Imagem do autor. 118
Figura 89 - Demonstrando a estrutura interna do compasso 18 até 21. Imagem do autor. 118
Figura 90 - Representação dos 4 harmônicos usados no contexto da peça tendo como nota de referência a nota C. Imagem do autor. 119
Figura 91 - Um controle para as texturas. Imagem do autor. 120
Figura 92 - Exemplo de avaliação do processo. Imagem do autor. 121
Figura 93 - Patch utilizado para transferir fluidez temporal para a reprodução de samples. Imagem do autor. 123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de como reduzir um conjunto de razões a uma única oitava. Tabela do autor. 22
Tabela 2 - Tabela para a comparação entre harmônicos a partir de 1 e a partir de 3. Tabela do autor. 30
Tabela 3 - Exemplo de construção do Hexany 2)4. Tabela do autor. 40
Tabela 4 - Exemplo entre crivo palíndromo e crivo rotacionado. Tabela do autor. 51
Tabela 5 - Decomposição de cada número do crivo $19_{16} \cup 11_{16}$ com o limite 64. 55
Tabela 6 - Exemplo da inversão de um dos MOS complementar. Tabela do autor..... 76

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO: PONTOS DE ENCONTRO **14**

1. A AFINAÇÃO JUSTA DE HARRY PARTCH, BEN JOHNSTON E ERV WILSON **18**

1.1. A TONALIDADE-DIAMANTE DE HARRY PARTCH **25**

1.2. A SOBREPOSIÇÃO INTERVALAR EM BEN JOHNSTON E ERV WILSON **33**

1.2.1. BEN JOHNSTON E A SOBREPOSIÇÃO INTERVALAR JUSTA 34

1.2.2. MOMENT OF SYMMETRY DE ERV WILSON 36

1.3. O PRODUTO DE HARMÔNICOS EM ERV WILSON **39**

1.3.1. CPS-HEXANY – QUATRO HARMÔNICOS COMBINADOS EM PARES 41

1.3.2. CPS-EIKOSANY – SEIS HARMÔNICOS COMBINADOS EM TRIOS 42

2. CRIVOS: FERRAMENTA PARA A CONSTRUÇÃO DE SIMETRIAS **47**

2.1. A CONSTRUÇÃO DOS CRIVOS EM NOSSOS OBJETIVOS COMPOSICIONAIS **48**

2.2. A CONSTRUÇÃO DE UM CRIVO **51**

2.2.1. OS CRIVOS E SUA ESTRUTURA INTERNA 51

2.2.2. OS CRIVOS E SUA ESTRUTURA EXTERNA 54

3. IMPLEMENTAÇÕES E PROCESSOS NO OPENMUSIC **61**

3.1. IMPLEMENTAÇÃO DA AFINAÇÃO JUSTA NO OPENMUSIC **61**

3.1.1. OBJETOS GERAIS 61

3.1.2. OBJETOS ESPECÍFICOS 68

3.1.2.1. A TONALIDADE DIAMANTE DE HARRY PARTCH 68

3.1.2.2. A SOBREPOSIÇÃO POR MÉDIA ARITMÉTICA DE BEN JOHNSTON 70

3.1.2.3. MOMENT OF SYMMETRY DE ERV WILSON 73

3.1.2.4. COMBINATION PRODUCT SET DE ERV WILSON 76

3.2. IMPLEMENTAÇÃO DOS CRIVOS NO OPENMUSIC **80**

3.2.1. OBJETOS GERAIS 81

3.2.2. OBJETOS ESPECÍFICOS 82

3.3. OS CRIVOS NO CONTROLE DO PERFIL MUSICAL **85**

3.3.1. O USO DE PERFIS MUSICAIS SIMÉTRICOS 86

3.3.2. A TRANSIÇÃO ENTRE ESTRUTURAS DE AFINAÇÃO 92

3.4. IMPLEMENTAÇÃO DOS CRIVOS NO CONTROLE DE SAMPLES **96**

3.5. IMPLEMENTAÇÃO PARA O CONTROLE DE TEXTURAS **99**

3.6. OS CRIVOS NO CONTROLE E CRIAÇÃO DE TIMBRES **100**
3.6.1. SUBSTITUIÇÃO DE PARCIAIS EM TIMBRES 100
3.6.2. CAÇADOR DE ESPECTRO 105
3.6.3. FILTRO DE PARCIAIS 107
3.6.4. RETIRAR PARCIAIS ESPECÍFICOS DE UM TIMBRE 108
4. APLICAÇÕES COMPOSICIONAIS **109**
4.1. DESCRIÇÕES DE PROCESSOS E ESCOLHAS EM *ARABESQUE | 19 11 97* **111**
4.1.1. A CONSTRUÇÃO DO CRIVO E DAS ESTRUTURAS DE ALTURAS 113
4.1.2. A ESTRUTURA MELÓDICA 115
4.1.3. AS ESTRUTURAS RÍTMICAS 117
4.1.4. MANIPULAÇÕES TIMBRÍSTICAS 119
4.1.5. A CONSTRUÇÃO DE TEXTURAS 119
4.1.6. BREVE COMENTÁRIO SOBRE LIVE-ELECTRONICS 122
4.1.7. CONCLUSÕES DO PROCESSO COMPOSICIONAL 124
4.2. ARABESQUE | 19 11 97 **125**
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS **133**
BIBLIOGRAFIA **136**

INTRODUÇÃO: PONTOS DE ENCONTRO

Toda nossa pesquisa se baseia no fenômeno da série harmônica e formas de organizá-la. Este fenômeno é uma estrutura que contém uma fundamental e todos os seus múltiplos inteiros, portanto uma estrutura infinita. Explicando-o, tendo uma fundamental em 50Hz, a série harmônica desta fundamental seria 50Hz (50 x 1), 100Hz (50 x 2), 150Hz (50 x 3), 200Hz (50 x 4), 250Hz (50 x 5) e etc. Todas teorias que apresentaremos no primeiro capítulo são construídas para organizar este fenômeno e cada autor apresentado tem um modo próprio de escolher/filtrar os múltiplos da fundamental que serão utilizados no contexto musical. Por fim, como veremos, todo conjunto de alturas geradas a partir desta filtragem pode ser chamada de Afinação Justa, que por sua vez, além dos múltiplos inteiros de uma fundamental, incorpora números fracionários tais como 3/2, 8/5, 17/11, 1997/1331, entre outros.

Apesar das teorias de Afinação Justa apresentadas serem pertinentes para a organização musical dentro de nosso contexto composicional, pelas estruturas que geram, a principal motivação de nossa pesquisa é a insatisfação com o método de escolha dos múltiplos de uma fundamental (harmônicos) apresentado pelos autores. O método de escolha de Harry Partch (1901 – 1974), o primeiro compositor/teórico apresentado, utiliza todos os números ímpares de 1 até 13. A escolha de Ben Johnston (1926 – 2019), o segundo autor apresentado, é variada pois este compositor é muito intuitivo (FONVILLE, 1991, p. 121), no entanto, no sistema descrito, os múltiplos se resumem à resolução de X multiplicado e dividido pelo número Y. X e Y podem variar entre 4 números diferentes: 3, 5, 1.2 (6/5) e 1.3... (4/3), números retirados de cálculos de média aritmética. Para Erv Wilson (1928 – 2016), o terceiro autor apresentado, escolhe-se somente um múltiplo que denominamos de X e o elevamos a todos números inteiros até um limite superior: logo a estrutura de Erv Wilson pode ser simplificada da seguinte maneira: uma fundamental (em Hertz) multiplicada pela resolução de X^1, X^2, X^3, X^4, X^5, X^6, X^7, X^8 etc. Por último temos a apresentação dos Combinations Product-Set (CPS), também de Erv Wilson, nas estruturas que apresentaremos haverá a escolha de 4 ou 6 números que serão unidos em conjuntos de 2 ou 3 números, respectivamente. Resolvendo o produto desse segundo conjunto teremos o múltiplo da fundamental usado na estrutura denominada Hexany (4 números/harmônicos combinados em todos trios possíveis sem repetição) ou Eikosany (6 números/harmônicos combinados em todos trios possíveis sem repetição).

Todas as estruturas apresentadas são interessantes sem nenhuma modificação, no entanto, os escritos de Partch, Johnston e Wilson que, de alguma maneira compartilham uma 'linhagem musical' – sendo que Wilson teve contato com Partch e desenvolveu os esquemas no livro *Genesis of Music*, Partch influenciou Wilson em estruturas chamadas Stellany, e Johnston foi aluno direto de Partch – têm em suas estruturas o predomínio de números como 1, 3, 5, 7, 9, 11 e suas inversões 1/3, 1/5, 1/7, 1/9 etc., o que não nos interessa, pela proximidade com as estruturas que vieram a gerar o temperamento assim como o amplo emprego do tonalismo e suas lembranças auditivas.

Nosso intuito criativo é expandir essas teorias para abarcarem números que não somente os algarismos ímpares de 1 até 11. Porém com essa expansão criamos um outro problema, quais números utilizar? Como os escolher? É nessa problemática que se insere a utilização e adaptação dos crivos de Iannis Xenakis.

Com a estrutura de Xenakis criamos meios de filtrar um determinado conjunto de números, limitando nossa escolha ao âmbito que queremos trabalhar criativamente, por exemplo, trabalhar com o âmbito numérico de 16 até 64. Além de fornecer números 'filtrados', esse método nos oferece um subproduto interessante musicalmente, a simetria. Segundo o próprio Xenakis, os crivos permitem "construir simetrias que são tão complexas como se poderia querer" (XENAKIS, 1992, p. 168). Em outras palavras, incorporando os crivos às estruturas de Afinação, além de restringir as infinitas possibilidades numéricas, proporciona-se a construção de simetrias que, como afirma Bernard (2006), tem poder potencial para controlar estruturas musicais. Portanto, através dos crivos, resolvemos dois problemas composicionais: 1) a escolha de múltiplos de uma fundamental e 2) o controle de estruturas não temperadas.

Além dos crivos de Xenakis, defenderemos um filtro inerente à série harmônica: os números primos. Demonstraremos, com base em Ben Johnston e na própria matemática, que somente os múltiplos primos de uma fundamental oferecem novos intervalos à série harmônica. Veremos que qualquer número não primo repetirá, na instância intervalar, um intervalo que já ocorreu anteriormente na série harmônica, concluindo que assim como todo número não primo pode ser construído a partir de um número primo, todo harmônico não primo pode ser obtido por sobreposições de harmônicos primos. Veremos como essa concepção fornece, através das estruturas de CPS de Wilson, uma forma interessante de interpretação dos resultados dos crivos, construindo estruturas de base para a composição musical, que se encaixam aos objetivos estéticos e composicionais deste autor.

Após abordarmos as estruturas que tangem a Afinação Justa e a escolha de múltiplos de uma fundamental (através dos crivos), como será visto adiante, precisaremos realizar inúmeros cálculos. É por este motivo que estamos tratando tais problemáticas a partir da Composição Assistida por Computador (CAC), essa ferramenta contribui para agilizar processos repetitivos da composição musical e, em nosso caso, contribui para a construção de um material musical bruto, que a base de nosso material composicional. Para exemplificar os processos que serão automatizados, tenha em mente a sobreposição de Erv Wilson, em vez de calcularmos X^1, X^2, X^3, X^4 todas as vezes que queremos ouvir ou ter noção de quais alturas o processo gera, fazemos o computador realizar esses cálculos. Em termos práticos, implementamos o processo uma única vez e, após isso, não há necessidade de sempre fazer os mesmos cálculos com variáveis diferentes, facilitando a relação entre compositor(a) e máquina. Nossa implementação se divide em dois complementos para o software OpenMusic (OM) e OM-Sharp (OM#), ambos construídos com base na linguagem Lisp. Esses complementos são chamados de bibliotecas externas. Com elas disponibilizamos para os (as) usuários (as) destes softwares, como parte desta pesquisa, os mesmos algoritmos que utilizamos para nosso processo composicional.

Para os sistemas de Afinação Justa desenvolvi a biblioteca OM-JI, nela há vários objetos (ícones) que constroem as estruturas de Harry Partch, Ben Johnston e Erv Wilson sem os números por eles utilizados, ou seja, engloba as variáveis que cada artista escolher, em nosso caso os números advindos de um crivo. Para a escolha dos números/múltiplos desenvolvi a biblioteca OM-Sieves (crivos em inglês), nela construímos um complemento à implementação dos crivos realizada por Moreno Andreatta e Carlos Agon na *MathTool* de 1997, este complemento facilita o manuseio dos crivos no OM e OM# e ainda automatiza questões da construção e análise de um crivo, nos baseando tanto em Xenakis (1990), como em Exarchos (2011) e Ariza (2005).

Sabendo de nossa proposta, no primeiro capítulo debruçamo-nos sobre as teorias de afinações de Harry Partch, Ben Johnston e Erv Wilson. No segundo capítulo, iremos descrever e nos aprofundar nos crivos de Iannis Xenakis, adaptando-os para a escolha de múltiplos da fundamental e investigando possibilidades de organização musical (horizontal e vertical) através desta ferramenta. No terceiro capítulo descreveremos processos algoritmos de Composição Assistida por Computador (CAC), discutindo a união da Afinação Justa e a teoria dos crivos de Iannis Xenakis na organização melódica a partir das estruturas de perfis (sempre voltando aos crivos e à Afinação Justa), a transição entre estruturas de afinação, a construção de granuladores, as substituições de parciais entre timbres/*samples,* entre outras questões. O quarto capítulo é um memorial descritivo da obra

Arabesque | 19 11 97, nele descrevemos como utilizamos alguns processos descritos no capítulo 3 assim como algumas questões estéticas que nos interessam.

1. A AFINAÇÃO JUSTA DE HARRY PARTCH, BEN JOHNSTON E ERV WILSON

Para iniciar nossa abordagem dos sistemas utilizados para lidar com a série harmônica, devemos introduzir uma série de conceitos utilizados pelos autores da Afinação Justa. O primeiro termo a ser abordado é a própria Afinação Justa. Ela é todo o conjunto de alturas que pode ser representado por intervalos encontrados na série harmônica. Por exemplo, o intervalo entre o 5º harmônico e o 3º (5/3) é um intervalo da Afinação Justa, assim como o intervalo entre o 8º e o 7º harmônico (8/7), ou seja, a Afinação Justa engloba além dos múltiplos inteiros de uma fundamental (a série harmônica), os múltiplos fracionários de uma fundamental. Para Ben Johnston (1926 – 2019), além da divisão entre números inteiros e números fracionários, há uma divisão que se refere à quão alto um intervalo pode ser encontrado na série harmônica, se a relação for encontrada acima do harmônico 5 e seus múltiplos (20, 25, etc.) (HASEGAWA, 2006, p. 204) classificaremos esta estrutura como Afinação Justa Estendida (*Extended Just Intonation*). Tanto a Afinação Justa quanto Afinação Justa Estendida, por serem baseadas nos intervalos da série harmônica, necessitam de uma altura de referência, em alguns casos essa altura será percebida como fundamental (como é o caso do Diamante Limite-5 de Harry Partch) e em outros casos não (nos MOS de Erv Wilson – por utilizar harmônicos altos para o rastreamento da fundamental (ROEDERER, 1998, p. 72-81)). Por isso, neste trabalho, esta altura será entendida como *nota de referência* quando estamos falando de uma estrutura de Afinação Justa e *fundamental* quando nos referirmos à série harmônica.

No que diz respeito à notação destas razões e intervalos, utilizaremos a unidade de medida cents, midicents e as próprias razões. As unidades *cents* e *midicents* serão representadas pelo seguinte símbolo: ¢. Essas unidades dividem o intervalo de semitom em 100 partes iguais. Neste sentido, um quarto de tom (1/4) possui 50 cents, um oitavo de tom (1/8) possui 25 cents[1]. No ambiente do OM[2] e OM# – softwares usados no decorrer desta pesquisa – utilizamos a unidade *midicents* para representar alturas. Esse protocolo é a união da notação de alturas via protocolo MIDI como prefixo – no qual cada semitom representa uma unidade, como por exemplo o C4[3] (dó central) equivalente ao algarismo

[1] Perceba que um tom tem 200 cents, logo um oitavo de tom é representado por 200/8 = 25.

[2] OpenMusic (OM) é uma linguagem de programação visual baseado no Lisp. Os programas visuais são criados montando e conectando ícones que representam funções e estruturas de dados, neste caso no Lisp. O mais interessante deste programa é a possibilidade de usar o poder das linguagens de programação em formas matemáticas que tornam algumas tarefas mais simples e principalmente mais rápidas.

[3] Na dissertação usaremos C para dó, D para ré, E para mi, F para fá, G para sol, A para lá, B para si. Com a nomenclatura utilizada pelo sistema americano de numeração das notas no qual o C central equivale ao valor 4, portanto C4.

60 – mais o valor em cents (00 até 99) como sufixo. Portanto, para representar, por exemplo, C4 mais 50¢, utilizaremos a notação 6050¢.

Outra forma de notar – mais comum nos autores da Afinação Justa – são as razões. Harry Partch foi um dos primeiros compositores a utilizar sistematicamente as razões para este fim (NICHOLSON; SABAT, 2018, p. 3), denominando essa sintaxe de *Monophony* ou *Language of Ratios* (ver PARTCH, 1974, p. 76). Porém pode haver certas confusões ao utilizar razões, uma delas é que há casos nos quais a razão já representará uma altura em si (quando especificada uma altura de referência) e outros que ela representará um intervalo musical entre harmônicos da série harmônica (quando não especificada uma fundamental).

Neste sentido, quando estamos lidando com a fração 3/1, sem especificar uma fundamental ou nota de referência, estamos nos referindo ao intervalo entre o terceiro e o primeiro harmônico de uma série harmônica que equivale a 1901.9¢. Porém, se especificamos uma fundamental, como por exemplo 440Hz, estamos nos referindo a nota resultante do seguinte cálculo:

$$440\text{Hz} \times \frac{3}{1} = 1320\text{Hz}$$

Nesse caso 3/1 representa a altura de 1320Hz.

Apesar de na unidade Hertz os cálculos referentes às razões serem mais simples, nessa pesquisa optamos por demonstrar as alturas a partir da unidade Midicents, como dito anteriormente. Com essa medida, apesar de não podermos realizar cálculos de multiplicação com os múltiplos inteiros como na unidade Hertz, possibilita-se a representação dos intervalos musicais de modo coerente com o ouvido humano. Por exemplo, o intervalo 7/4 sempre será ouvido como o mesmo intervalo e sempre terá 969¢ em qualquer parte do espectro audível, no entanto, se usarmos Hertz esse intervalo pode ser de 185Hz (com a fundamental 200Hz) ou de 600Hz (com a fundamental 800Hz), por esse motivo optamos pelos Midicents.

Dito isso, para sabermos qual o valor de uma razão (e do intervalo que ela representa) em midicents utilizamos a equação abaixo, onde R é uma variável que representa a razão em questão (HENRIQUE, 2002, p. 930).

$$3986 \times (\log R)$$

Considere a nota de referência 6900¢ (A4 em midicents) e a razão de 7/6. Para calcular o valor em midicents substituímos a variável *R* pela razão 7/6 obtendo a seguinte operação[4]:

$$3986 \times \left(\log \frac{7}{6}\right) \longrightarrow 3986 \times (\log\ 1{,}1666) \longrightarrow 3986 \times 0.0669 = 266.7$$

Portanto a razão de 7/6 tem 266¢[5]. Desta forma, a partir da nota de referência A4 (6900¢), a fração 7/6 corresponderá a altura que é a soma da nota de referência 6900¢ mais o resultado do cálculo acima (266¢), resultando em 7166¢.

Esclarecido o processo de conversão de razões para midicents, para identificar qual é a razão referente a uma sobreposição de dois intervalos da Afinação Justa *multiplicamos* ambas as razões. Por exemplo, 7/4 sobreposto com o intervalo de 3/2 resultará na razão 21/8. Vale ressaltar que na operação matemática, para sobrepor intervalos justos *multiplicamos* ambas razões (NICHOLSON; SABAT, 2018, p. 3).

$$\frac{7}{4} \text{x} \frac{3}{2} = \frac{21}{8}$$

Enquanto que para encontrar o intervalo entre duas razões que representam alturas devemos dividir a maior razão pela menor[6] (NICHOLSON; SABAT, 2018, p. 3).

$$\frac{7}{4} \div \frac{5}{3} = \frac{21}{20}$$

Deste modo, o intervalo entre as *alturas* representadas por 7/4 e 5/3 é igual ao intervalo entre o 21º (representado por 7/4) e o 20º harmônico (5/3).

Para melhor visualizar um determinado tipo de altura estamos trabalhando com redução de oitavas, isso significa multiplicar – caso a razão esteja abaixo da oitava da nota de referência – ou dividir – caso a razão esteja acima da oitava da nota de referência. Essa divisão ou multiplicação é sempre por uma série geométrica de 2 com fator 2 (2, 4, 8, 16, 32, etc), números estes que representam os intervalos de oitavas da fundamental da série harmônica. Por exemplo, a razão 7/2 representa uma altura uma oitava acima da nota de referência da Afinação Justa. Podemos observar isso de duas

[4] Aos usuários do Windows 10, se na barra de pesquisa houver a digitação 3986 * LOG (R) o Windows dará a resposta desta equação. Por exemplo, digitando *3986 * LOG (9/8)* teremos o resultado 203,8.
[5] Essa equação pode ser facilmente calculada no seguinte site: < https://www.plainsound.org/HEJI/index.php >.
[6] Deve-se consultar as regras de divisão de frações caso haja necessidade.

formas: a primeira é analisar a série harmônica, entre a nota C3 (2º harmônico) e B♭4 (7º harmônico) temos uma 'sétima menor composta' menos 31¢.

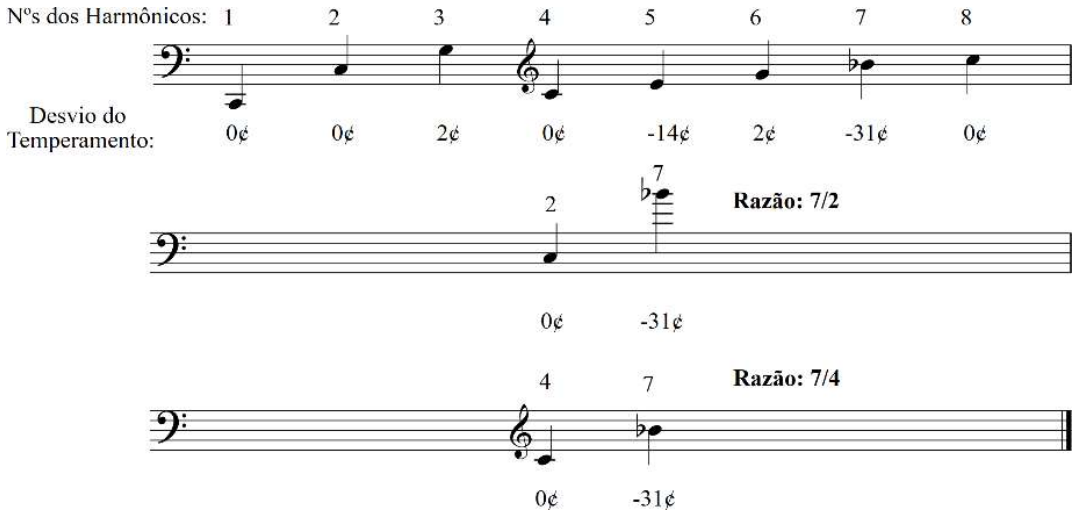


Figura 1 - Exemplo da série harmônica. Imagem do autor.

Uma segunda forma (mais prática) é fazer a aproximação seguindo a série geométrica de 2 com fator 2. Desta forma, para razões que geram alturas agudas usamos aproximações para os denominadores, sendo que estes sempre serão o menor e mais próximo número do numerador seguindo a série geométrica de 2 com fator 2. Portanto, em razões com numeradores como 54, 43, 62, 35, usaríamos 32 como denominador, pois o próximo número da série geométrica de 2 com fator 2 é 64. Ou seja, maior que 54, 43, 62, 35. Assim como para 235, 187 e 155 temos o numerador 128. Quando a razão é invertida, ou seja, alturas graves, aplicamos o mesmo conceito para o numerador, no entanto colocamos o *maior* e mais próximo número do denominador seguindo a série geométrica de 2 com fator 2. Por exemplo, com os *denominadores* 54, 43, 62 e 35 utilizaríamos o numerador 64. Com os denominadores 235, 187 e 155 o numerador 256.

Uma terceira forma – que pode ser útil ao lidar com números da Afinação Justa Estendida – é dividir o numerador pelo denominador. Se o resultado for entre 1 e 2, a razão representa um intervalo simples em relação à nota de referência. Se o resultado for maior que 2, esta razão representa um intervalo composto em relação à nota de referência. Por fim, se der menos de 1, esta razão está abaixo da nota de referência[7].

Por exemplo, dividindo o numerador pelo denominador da razão 7/2 temos 3,5.

[7] A nota de referência da Afinação Justa normalmente (nos trabalhos de Partch e Johnston) é a nota mais grave de um conjunto da Afinação Justa.

$$7 \div 2 = 3{,}5$$

Isso significa que esta razão não está na mesma oitava que a nota de referência da Afinação Justa. Para a colocarmos na mesma oitava basta dividir a razão pelo menor e mais próximo número da série geométrica de 2 com fator 2 em relação ao resultado da divisão do numerador pelo denominador. Veja o exemplo desta operação abaixo.

Razão e seu resultado	**Menor e mais próximo número da série geométrica de 2 em relação ao resultado.**	**Operação de redução de oitava.**
33/16 = $33 \div 16 = 2{,}06$	2	$\frac{33}{16} \div 2 = \frac{33}{32}$
152/37 = $152 \div 37 = 4{,}108...$	4	$\frac{152}{37} \div 2 = \frac{152}{128}$
1997/97 = $1997 \div 97 = 20{,}58...$	16	$\frac{1997}{97} \div 16 = \frac{1997}{1552}$

Tabela 1 – Exemplo de como reduzir um conjunto de razões a uma única oitava. Tabela do autor.

Voltando à razão 7/2 teríamos o seguinte:

$$7 \div 2 = 3{,}5$$

O menor e mais próximo número de 3,5 que segue a série geométrica de dois é 2, logo temos a seguinte operação:

$$\frac{7}{2} \div 2 = \frac{7}{4}$$

Para quando o numerador é menor que o denominador basta multiplicar o numerador por 2 até que ele seja maior que o denominador. Por exemplo, com a razão 4/7, multiplicamos 4 por 2 e temos 8/7. O numerador já é maior que o denominador, logo não é necessário fazer mais nada. Para confirmar isso podemos dividir o numerador pelo denominador e perceber que o resultado é 1,142.... portanto, entre 1 e 2, logo a razão representa um intervalo na mesma oitava que a nota de referência da Afinação Justa.

Agora supomos a razão 101/1997. Perceba que o numerador é menor que o denominador, então devemos multiplicar 101 por 2 até que ele seja maior que 1997.

$$101 \times 2 = \mathbf{202} \times 2 = \mathbf{404} \times 2 = \mathbf{808} \times 2 = \mathbf{1616} \times 2 = \mathbf{3232}$$

Após o cálculo substituímos o 101 por 3232 de modo que esta razão fique 3232/1997. Com os exemplos expostos fica claro como a transformação desses processos em objetos visuais (a automatização) no OM e OM# é benéfica ao (à) compositor(a), visto que em um conjunto de intervalos da Afinação Justa devemos fazer essas operações uma série de vezes[8].

Esclarecidos os processos da Afinação Justa com o uso de razões, adiante (ver 1.2) trabalharemos com duas concepções de Afinação Justa, sendo a primeira *Otonal* (PARTCH, 1974, p. 72) e a segunda *Utonal* (PARTCH, 1974, p. 74). Otonal se refere a todo conjunto de razões que tem os denominadores iguais entre si ou que sigam uma única série geométrica[9] com fator 2. Neste sentido, o conjunto de razões 3/2, 5/4, 13/8 e 17/16 é um conjunto Otonal, pois todos os denominadores (2, 4, 8, 16) seguem a série geométrica de 2 com fator 2. Em termos musicais as alturas representadas por estas razões compartilham uma fundamental descendente representada por uma única classe de altura, em outras palavras, uma única nota se todas as alturas forem reduzidas a uma oitava. Acreditamos que por este conjunto compartilhar uma fundamental descendente, o que é mais comum na música ocidental, esses conjuntos intervalares são considerados mais consonantes.

Já o termo Utonal, refere-se ao conjunto de razões que têm o numerador igual ou seguindo uma única série geométrica com fator 2. Neste sentindo 6/3, 6/5, 24/13, 48/43 são um conjunto Utonal, pois todos os numeradores (6, 6, 24, 48) seguem a série geométrica de 3 com fator 2. Em termos musicais as alturas representadas por estas razões compartilham uma fundamental ascendente representada por uma única classe de altura. Acreditamos que por este conjunto compartilhar uma fundamental ascendente, o que é menos comum na música ocidental, esses conjuntos intervalares são considerados mais dissonantes. Salientamos que não podemos classificar uma única razão como Otonal ou Utonal, essa classificação só se aplica em conjuntos.

Por fim, utilizamos o conceito de *Quasi-JI* ou *Quasi-Just Intonation*. Este termo é utilizado para nomear obras que são baseadas na Afinação Justa, porém que aceitam *pequenos* desvios, entre 3 a 8¢ (MONZO, 2005). Consideramos que estes desvios (3 a 8¢), em certas ocasiões como passagens rápidas, não são de essencial importância para a construção semântica de uma obra baseada na Afinação Justa, visto que o ser humano tende a perceber, em média e sem levar em conta variáveis, alterações somente acima de 6¢ (LOEFFLER, 2006, p. 6). Citamos alguns compositores que fazem

[8] Este processo pode ser rapidamente realizado no OpenMusic (vide o objeto *rt-octave*).
[9] Alguns exemplos de série geométrica: {2 4 8 16 32 64...} {3 6 12 24 48 96...} {7 14 28 56 etc...}

uso desta concepção: Ezra Sims (1928 – 2015), James Tenney (1934 – 2006), Hans Zender (1936 – 2019), Georg Friedrich Haas (1953) entre outros (NICHOLSON; SABAT, 2018, p. 29).

Este conceito e seu uso vão diretamente ao encontro do conceito de *tolerance range* por James Tenney (2015, p. 378): "a ideia de que existe uma certa região finita em torno de um ponto no eixo da altura, dentro do qual é possível um pouco de desafinação sem alterar a identidade harmônica de um intervalo[10]". Nesta pesquisa estamos lidando com a tolerância de afinação no meio acústico de até 5 cents (1/40 de tom) em passagens lentas; de 15 cents (1/16 de tom) para passagens de média velocidade e 50 cents (1/4 de tom) para passagens rápidas que exigem muito do intérprete. Em termos práticos, quando há o desejo de precisão de 5 cents, além de uma digitação alternativa (no caso dos instrumentos de sopro), o(a) instrumentista terá que se preocupar com a quantidade de ar, no caso da flauta a inclinação da embocadura, e demais questões, tornando esta precisão complexa de se adquirir. Com a precisão de 15 cents, acreditamos que com um cuidado com a respiração e com as digitações podemos atingir tal precisão. Para os 50 cents, acreditamos que somente as digitações já atingem tal precisão. Adotamos essa abordagem pois não é nosso objetivo fazer com que o uso da Afinação Justa seja um empecilho para a execução de obras por qualquer que seja o(a) intérprete, do mesmo modo que aceitamos que há certas estruturas verticais que precisam de tempo para serem ouvidas. Deste modo, ao lidar com estruturas acórdicas preferiremos as alturas que seguem estritamente o que a Afinação Justa propõe e, na maioria dos casos, essa relação só será totalmente suprida no ambiente eletrônico, o que ficará claro em nossas obras.

Finalizada a introdução à Afinação Justa e principalmente à linguagem de razões, neste primeiro capítulo apresentamos as teorias que pensam a construção de estruturas de alturas a partir da Afinação Justa. Nosso intuito é usar somente a Afinação Justa e construir um sistema no qual a simetria influencie a construção da Afinação Justa e vice-versa. Para os subcapítulos seguintes, o leitor deverá ter em mente que o capítulo um e dois são complementares. Por isso as teorias apresentadas no primeiro capítulo são uma das camadas de organização do parâmetro da altura, sendo o segundo capítulo a primeira camada de escolha. Optamos por esta ordem pois ela é melhor para que possamos compartilhar a nossa análise dos crivos, que difere das aproximações de Xenakis e demais autores utilizados. Dito isso, acreditamos que essa metodologia pode contribuir para a escolha de números em um contexto da Afinação Justa, nos distanciando da música quase triádica realizada por

[10] Tradução nossa, original: "the idea that there is a certain finite region around a point on the pitch height axis within which some slight mistuning is possible without altering the harmonic identity of an interval."

Harry Partch e Ben Johnston, ao mesmo tempo que impondo limites para nossa própria escolha de números.

1.1. A TONALIDADE-DIAMANTE DE HARRY PARTCH

Harry Partch foi um compositor americano nascido em Okland em 1901, falecendo em 3 de setembro de 1974. Segundo Chalmers (1994, p. 10), Partch foi um dos compositores que mais investiu na construção de instrumentos, na construção de escalas e gravação das peças. Por isso é reconhecido como um dos principais compositores de Afinação Justa no Ocidente.

Partch foi o criador da teoria da Tonalidade-Diamante definida como:

> um arranjo arbitrário das proporções monofônicas, projetadas para constituir uma prova evidente, pelo menos da dupla identidade de cada razão e, consequentemente, da capacidade de um sistema monofônico de Afinação Justa de fornecer alturas que possam, cada uma delas, serem percebidos em mais de um sentido (PARTCH, 1974, p. 74–5)[11].

Para fins de esclarecimentos, em seu trabalho (PARTCH, 1974, p. 72) o termo 'razão' representa um tom (uma altura em si) e um intervalo ao mesmo tempo. Já no termo 'sentido', Partch se refere a questões de Otonalidade (conjuntos de razões com o mesmo denominador) e Utonalidade (conjuntos de razões que têm o mesmo numerador), na qual cada razão terá dois sentidos: um Otonal e outro Utonal.

Por exemplo, dentro do conjunto Otonal 1/3 (F), 5/3 (A), 3/3 (C)[12], a razão 5/3 terá função de mediante – essa comparação com o tonalismo advém da explicação do próprio Partch (1974, p. 113) – e no conjunto Utonal 5/1 (E), 5/3 (A), 5/5 (C), a razão 5/3 terá uma função de fundamental (PARTCH, 1974, p. 113). Isso se dá pelo fato de no conjunto Otonal termos a tríade F, A, C na qual a nota A (5/3) tem a função de mediante e, no conjunto Utonal E, A e C o mesmo A (5/3), ter função de fundamental.

Na Tonalidade-Diamante, Partch usa somente números inteiros *ímpares*, o que ele define como *identity*. O uso de tais números parece remeter ao fato de que somente esses números trazem novas classes de alturas à série harmônica, da mesma forma que somente os ímpares trazem novas classes de alturas para a Tonalidade-Diamante. Nesse sentido, 1, 2, 4, 8, 16... são todos representados pela *identity* 1 pois seguem a série geométrica de 1 com fator 2; 6, 12, são representados pela *identity*

---

[11] Tradução nossa, original: "Tonality Diamond: an arbitrary arrangement of the Monophonic ratios designed to constitute prima facie proof of the at least dual identity of each ratio, and consequently of the capacity of a Monophonic system of Just Intonation for providing tones which may be taken in more than one sense each".

[12] Tomaremos o C como nota de referência.

3, pois seguem a série geométrica de 3 com fator 2. 10 é representado pela *identity* 5. 14 é representado pela *identity* 7 e assim sucessivamente para todas *identities*.

As questões da O/Utonalidade ficarão mais claras ao demonstrarmos a construção da Tonalidade-Diamante limite-5 (o termo limite se refere à maior *identity* permitida), o procedimento é o mesmo para as demais Tonalidade-Diamantes, visto que cada Diamante terá número de diagonais igual ao número de *identities* (limite-5 tem três *identities* [1, 3 e 5] por isso 3 diagonais, no limite-11 [1, 3, 5, 7, 9, 11] temos 6 *identities* por isso 6 diagonais). Já para a construção da Tonalidade Diamante, segundo Ekman (2011, p. 10) e Jedrzejewski (2002, p. 239), os denominadores das razões são definidos da diagonal da esquerda para direita (vermelho – *Otonality*), isso significa que cada diagonal terá um denominador diferente dentro do *limite*, neste caso 1, 5 e 3[13]. Já os numeradores são definidos da diagonal da direita para a esquerda (Azul – *Utonality*), seguindo a mesma ordem – 1, 5 e 3. A maioria das figuras adiante, que sugerem alguma estrutura musical, terão um link na nota de rodapé de sua legenda, neste link elas poderão ser ouvidas.

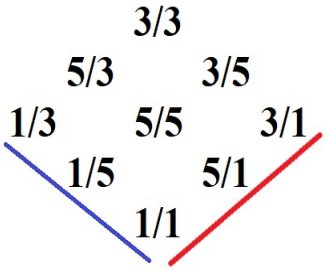


Figura 2 - Tonalidade Diamante sem equivalência de oitavas[14] (baseado em JEDRZEJEWSKI, 2002, p. 239).

[13] Caso haja o questionamento do porquê desta ordem, ela segue uma escala ascendente. Por exemplo, tomando C como ponto de partida, na série harmônica o número 1 representa o próprio C, 3 o G e 5 o E – lembre-se da equivalência de oitavas. Logo a ordem ascendente é 1, 5 e 3. No diamante limite-11 a ordem segue o mesmo princípio assim: 1 (C), 9 (D+4¢), 5 (E-14¢), 11 (F+49¢), 3 (G+¢), 7 (B♭ -31¢) será a ordem.

[14] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 2*.

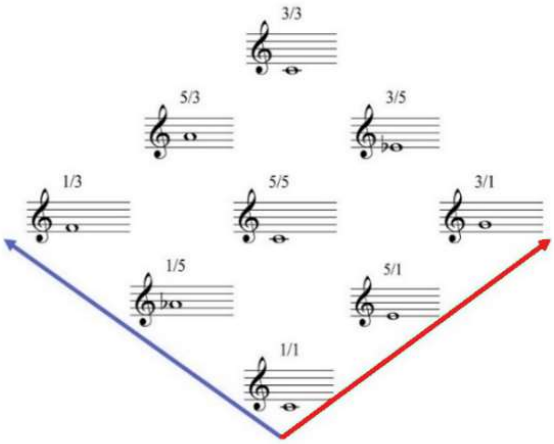


Figura 3 - Tonalidade Diamante seguindo o diagrama de Ekman (2011, p. 10).

Vale lembrar que Partch usa a equivalência de oitavas na Tonalidade-Diamante, de modo que o diagrama apresentado em seu livro é o da imagem abaixo (cf. figura 4)[15]. Esse diagrama pode ser construído utilizando o processo explicado no início do capítulo 1: a redução de oitavas das razões.

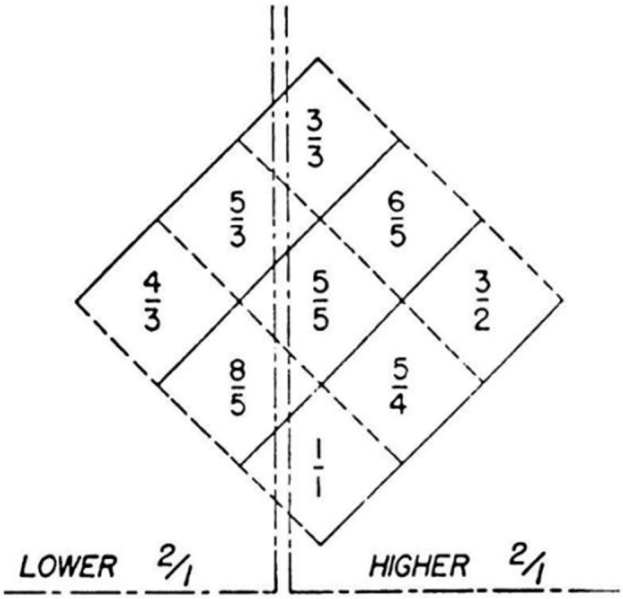


Figura 4 - Diamante limite-5 com a equivalência de oitavas[16]. (PARTCH, 1974, p. 110).

Concluída a exposição da Tonalidade-Diamante, esclareceremos dois pontos em nossa pesquisa e entendimento desta teoria, um se refere à Utonalidade e outro a uma análise de *identities*

[15] Com as razões da figura 4 obtemos as seguintes alturas a partir do C. Para 1/1, 5/5 e 3/3 o próprio C4. Para 5/4 um E -14¢; Para 3/2 um G +2¢; para 8/5 um A♭ +13¢; para o 6/5 um E♭ +15¢; Para o 4/3 um F -2¢ e para o 5/3 um A 15¢.
[16] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 4*.

definida no contexto desta pesquisa, ambos pontos contribuirão, a seguir, para o entendimento dos crivos no contexto da Afinação Justa.

Primeiro apresentamos uma explicação sobre Utonalidade. Considere a Tonalidade-Diamante limite-5 com a nota de referência C e que as razões, utilizadas no contexto da Utonalidade, tem o mesmo significado, no sentido de altura, do que o visto até o momento. No entanto, o modo que Partch sugere sua interpretação é diferente. Dito isso, na construção desta Tonalidade-Diamante usamos 3 intervalos (um para cada *identity*) em duas formas: ascendente e descendente. Para entender a Utonalidade no limite-5 é necessário apresentar um conjunto Otonal, por isso suponha o conjunto Otonal 1/1 (C), 5/4 (E-14¢) e 3/2 (G+2¢). Perceba que há três intervalos em relação à nota de referência C. Usamos um uníssono (0¢) representado pela *identity* 1 no numerador de 1/1, uma terça maior menos 14¢ (386¢) representado pela *identity* 5 no numerador de 5/4 e uma quinta mais 2 cents (702¢) representado pela *identity* 3 no numerador de 3/2, todos estes intervalos serão construídos a partir da *identity 1* representada em todos os denominadores deste conjunto, a *identity* 1 com a nota de referência C representa um uníssono com o próprio C, ou seja, teremos os intervalos das *identities* 1, 3 e 5 construídas ascendentemente a partir de C. Agora observe o conjunto Utonal 3/3, 6/5 e 3/2; neste conjunto o uníssono, a terça maior e a quinta são utilizadas assim como no conjunto Otonal de 1/1, 5/4 e 3/2. Em contrapartida, na Utonalidade, temos os intervalos são aplicados *descendentemente* a partir do *numerador*, que neste conjunto (3/3 6/5 3/2) é 3. O número 3 representa o harmônico 3, que por sua vez representa o G+2¢ quando a nota de referência é C.

Em relação aos denominadores deste conjunto Utonal, na razão 3/2 temos o denominador 2, que é a oitava da *identity* 1, portanto teremos o intervalo que a *identity* 1 representa na série harmônica (lembre-se que Partch reduz as oitavas). Ou seja, teremos um uníssono que será reproduzido com o G+2¢. No denominador 5 (de 6/5) teremos uma terça maior -14¢ *descendente* com G+2¢ (6) gerando, portanto, um E♭+16¢. E, por último, no denominador 3 (de 3/3) teremos um 5ª+2¢ *descendente* em relação ao G+2¢ (3) gerando um C.

Exposta a questão da Utonalidade, podemos afirmar que ela representa a construção de razões nas quais o numerador é uma série geométrica *x* com fator 2, caracterizando intervalos descendentes a partir da razão que representa sua verdadeira identidade harmônica na série harmônica (a *identity*). No caso da Utonalidade com numeradores equivalentes ao número 3 sua verdadeira unidade será representada pela razão 3/1, pois é com o denominador 1 que 3 assume sua identidade da série harmônica, o 3º harmônico. Por isso, em um conjunto Utonal, a fundamental será representada por

aquela razão cujo *denominador* é equivalente ao 1. Já na Otonalidade a fundamental[17] será representada por aquela razão cujo *numerador* é equivalente ao 1 [18]. Por isso no conjunto 3/3, 6/5 e 3/2 a fundamental teórica é 3/2, não 3/3 como se pode supor a partir das cargas tonais e triádicas que carregamos e vista nos trabalhos de Partch (1974).

Uma última observação ao leitor sobre a Utonalidade. Deve-se ter em mente que os resultados da conversão das razões para as alturas serão os iguais utilizando a construção O/Utonal apresentada nos parágrafos anteriores ou a construção apresentada no início do capítulo 1 (transformações de razões para midicents). O que queremos ressaltar é que a interpretação proposta por Harry Partch é diferente. Ele entende as razões como um jogo dialético entre duas *identities* e não como uma altura derivada de uma fundamental. Por isso afirma que a Tonalidade-Diamante pretende demonstrar a "dupla identidade de cada razão". Uma a partir de um conjunto ascendente (Otonal) e outra a partir de um conjunto descendente (Utonal).

O segundo ponto a ser esclarecido é o conceito de *identity*. Em nosso trabalho, diferente de Partch, assumiremos outro tipo de classificação de *identity* mais próxima à aquela apontada por Ben Johnston. Ele afirma que "cada número *primo* derivado de uma escala harmônica contribui para um significado psicoacústico característico[19]" (JOHNSTON, 2006, p. 27), diferente da defesa dos números ímpares por Partch. A afirmação de Johnston faz sentido quando percebemos que somente os números primos são novos intervalos na série harmônica a partir de sua fundamental, já que os demais harmônicos são sobreposições de harmônicos primos menores e, portanto, podem pertencer a outras fundamentais, como será visto adiante.

Por exemplo, o 9º harmônico pode ser considerado como uma sobreposição intervalar do 3º harmônico (3 x 3)[20] 2 vezes, o que equivale à 3^2, em outras palavras ele é o terceiro harmônico do número 3, que por sua vez é o terceiro harmônico de 1. Agora observe o conjunto (9 15 21), eles têm o mesmo intervalo se contado a partir do 3º harmônico do que o conjunto (3 5 7) têm se contado a partir do harmônico 1 (cf. tabela 2). Sendo assim, ao usar isoladamente o conjunto (9 15 21), acreditamos que musicalmente e para nosso ouvido, não lidaremos com uma estrutura harmônica que

---

[17] Caso o leitor tenha interesse na questão de fundamentais em Partch, sugere-se a leitura das páginas 111 até 118 de Partch (1974). Ele pode ter grande relevância no estudo da teoria harmônica de Hindemith e outros.
[18] Deste modo, ao retirar a *identity* 1 da teoria de Partch podemos afirmar que, teoricamente, não há fundamental na Tonalidade-Diamante.
[19] Tradução nossa, original: "Each prime number used in deriving a harmonic scale contributes to a characteristic psychoacoustical meaning."
[20] Visto que 6 será a oitava do 3º harmônico.

tenha a fundamental no harmônico 1, mas sim, tenderemos a ouvir sua fundamental no harmônico 3. Isso pois os intervalos 9, 15 e 21 imitam os intervalos 1, 3 e 5 se considerarmos o 3º harmônico como fundamental.

Harmônicos	Intervalo em cents a partir da fundamental (1).	Intervalo em cents a partir do 3º harmônico (3).
3	**1902¢**	-
5	**2786.3¢**	-
7	**3368.8¢**	-
9	3804¢	**1902¢**
15	4688.2¢	**2786.3137¢**
21	5270.7¢	**3368.8257¢**

Tabela 2 - Tabela para a comparação entre harmônicos a partir de 1 e a partir de 3. Tabela do autor.

Perceba que na tabela o 9º harmônico é novo em relação à fundamental da série harmônica (1) mas não em questão de intervalo. Pois o intervalo entre os harmônicos 9 e 3 já é encontrado no intervalo entre os harmônicos 3 e 1. Por isso 9 pode ser considerado o terceiro harmônico do 3, que por sua vez é o 3º harmônico de 1 (cf. Tabela 2). Desta forma, em nossa pesquisa, este *harmônico* (9) é uma nova classe de altura, mas não representa uma nova *identity*. Por não representar uma nova *identity* e por almejarmos um afastamento do uso tonal da Afinação Justa tomaremos um cuidado especial com este tipo de *identity.* Pois pretendemos evitar estruturas como 9, 15 e 21 que podem representar novas estruturas harmônicas em relação à *identity* 1, mas se usadas verticalmente juntas poderão ser ouvidas como as *identities* 3, 5 e 7 e sua fundamental deixará de ser 1 e passará a ser 3. Isso pode ocorrer em harmônicos superiores como 57, 95 e 133 que são 3, 5 e 7 de 19.

Mesmo exigindo um cuidado especial, este fenômeno também apresenta a qualidade 'poli-fundamental' da série harmônica (que será abordada à frente). Vejamos o exemplo do harmônico 15, ele pode ser interpretado de três formas (cf. figura 5):

1. Como um harmônico relativamente distante da fundamental da série harmônica (1);
2. Como o 5º harmônico de uma série harmônica sobre o número 3, que por sua vez é o 3º harmônico de uma série harmônica sobre 1;
3. Como o 3º harmônico de uma série harmônica sobre o número 5, que por sua vez é o 5º harmônico de 1.

Em nosso julgamento, a percepção da fundamental dependerá do uso musical destas estruturas – concordamos com Partch (1974, p. 112) de que o(a) compositor(a) pode colocar a fundamental de um acorde onde é que ele(a) queira –, porém ressaltamos que as 3 proporções intervalares acima (em *cents*) imitam várias proporções diferentes que aparecem na série harmônica[21] e, assim, podemos ter uma tendência de estimar uma fundamental ausente a partir de determinados harmônicos que não o 1 (ROEDERER, 1998, p. 72–81)[22]. Em nosso processo de composição, por vezes isso será o mesmo que usar *identities* baixas como 3, 5, 7 entre outros, o que não é de nosso interesse criativo. Resta saber se isso acontece auditivamente em estruturas complexas (harmônicos altos), o que vai além do escopo desta pesquisa, porém partimos do pressuposto *teórico* que tal fato é plausível e pode auxiliar, no contexto desta pesquisa, a manipulação das alturas. É por este motivo que defendemos que o (a) compositor(a) deve estar ciente destas características, de forma a entender onde a sua criatividade operará, bem como os *possíveis* resultados musicais do uso de determinadas *identities*.

De modo a trazer a explicação desta qualidade para um ambiente menos hostil, observe a figura 5, cada número primo pode representar o início (uma fundamental) de uma nova série harmônica sobre a série harmônica de C. O 15º harmônico é especial, ele aparece tanto na série harmônica sobre o terceiro harmônico (azul) assim como na série harmônica sobre o 5º harmônico (vermelho). O 15º harmônico aparece em roxo (vermelho + azul) na série harmônica de C, pois faz parte tanto da série harmônica sobre o 3º harmônico assim como na série harmônica sobre o 5º harmônico (para a fatoração[23] de 15 temos 3 e 5). Essa relação será explicada de modo mais profundo ao analisarmos os crivos e a decomposição por números primos no capítulo 2, conforme Exarchos (2007, 2011).

[21] Proporção do 1º para o 2º harmônico, do 2º para o 3º, do 3º para o 4º e assim sucessivamente.
[22] Fizemos um exemplo usando a mesma estrutura com as *identities* 21, 35 e 49. Observe que 7 supre muito mais a qualidade de fundamental do que a *identity* 1. Disponível em: <https://youtu.be/XmKdAeU3nxk>.
[23] Fatorar um número é decompô-lo em produto de fatores primos.

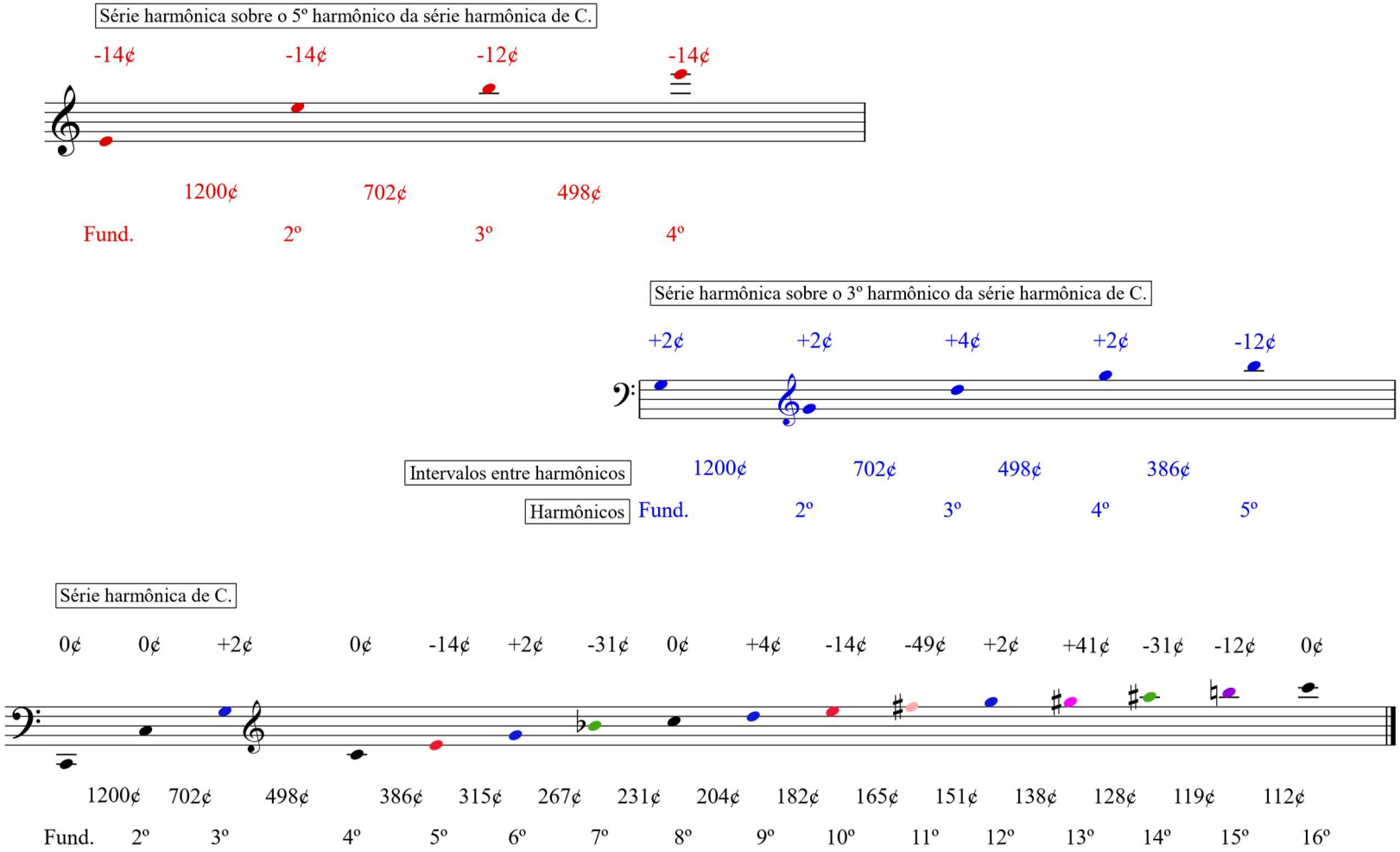


Figura 5 - Exemplo de como há séries harmônicas dentro de série harmônicas[24]. Imagem do autor.

[24] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 5*.

Deste modo, os números ímpares que não são primos podem ser entendidos como sobreposições de intervalos de números primos, o que leva a conclusão de que há 3 tipos de *harmônicos/identities* na série harmônica além dos repetidos (números pares), eles são:

1. Os harmônicos/*identities* de número primo, novas identidades intervalares (JOHNSTON, 2006).
2. Os harmônicos/*identities* ímpares vistos a partir da fundamental da série harmônica (1) (PARTCH, 1974).
3. Os harmônicos/*identities* ímpares a partir de fundamentais sobre números primos. Lembrando que 1 não é primo.

Sendo assim, pode haver três formas de usar os harmônicos em um contexto musical e numa Tonalidade Diamante. É por isso que, diferente de Partch, faremos uma diferenciação analítica nas *identities* utilizadas em nossa obra, pois cada *identity* não tem somente dois modos de interpretação (Utonal e Otonal), como na definição da Tonalidade-Diamante vista acima, ela tem inúmeras possibilidades de interpretação que dependem somente da *identitiy* utilizada e de sua fatoração por números primos, que será vista adiante. Um outro fator que se faz necessário a partir desta interpretação é retirar da Tonalidade-Diamante o conceito de limite-n. Pois ele limita o uso à *identities* ímpares de 1 até um número x. O que propomos é, como será visto no capítulo 3, que a Tonalidade-Diamante seja construída sobre qualquer número que possa vir a ser gerado por um crivo, o que mudará o conteúdo de uma Tonalidade-Diamante de acordo com a mudança dos parâmetros de um crivo. Ressaltamos que não deixaremos de usar números não primos, mas a análise de nosso material musical terá base nos números primos.

Adiante descreveremos dois sistemas de sobreposição intervalar, esses sistemas geram números altos pois sua operação básica é, diferente da série harmônica, a exponenciação de um número.

1.2. A SOBREPOSIÇÃO INTERVALAR EM BEN JOHNSTON E ERV WILSON

Neste subcapítulo abordaremos duas estruturas de sobreposição intervalar. A primeira delas é a sobreposição utilizada por Johnston descrita no artigo *Scalar Order as a Compositional Resource* (JOHNSTON, 2006) e a segunda sobreposição é chamada de *Moment of Symmetry* (MOS), que é

uma teoria do compositor mexicano/americano Erv Wilson (NARUSHIMA, 2017). Ambos os compositores utilizam sobreposições intervalares, mas de forma diferente. Em Johnston temos a sobreposição ascendente e descendente, enquanto que em Wilson temos somente a sobreposição ascendente.

1.2.1. BEN JOHNSTON E A SOBREPOSIÇÃO INTERVALAR JUSTA

Há poucos artigos nos quais Johnston explica seus procedimentos para construção de um sistema de Afinação, e poucos que se ocupam dos detalhes do uso da afinação por Johnston (HUEY, 2017, p. 6). Isso ocorre pois muitos de seus sistemas são criados intuitivamente (FONVILLE, 1991, p. 121). Neste capítulo descreveremos o sistema de Afinação utilizado nos quartetos no. 2 e no. 3, ele tem como sua operação básica a média aritmética e após isso a sobreposição intervalar.

Para iniciar suas operações Johnston parte de 1/1 e 2/1 como intervalos iniciais, e então aplica a média aritmética, ou seja, 1/1 é somada a 2/1 (oitava) e então divide-se este valor por 2. Assim temos a seguinte expressão:

$$\frac{1}{1}+\frac{2}{1}=\frac{3}{1}\div 2=\frac{3}{2}$$

Desta forma Johnston obtém o intervalo justo de 3/2. Ele aplica este intervalo ascendentemente para 1/1 e descendentemente para 2/1. Obtendo assim 3/2 e 4/3. [25] [26]

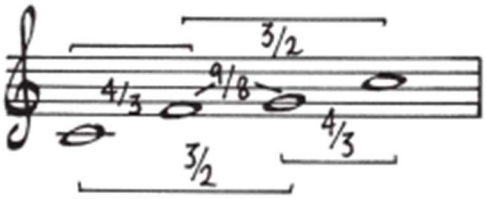


Figura 6 - 3/2 aplicado ascendentemente para 1/1 e descentemente para 2/1[27] (JOHNSTON, 2006, p. 17).

[25] 2/1 ÷ 3/2 = 4/3.

[26] Vemos neste processo uma clara influência de Harry Partch, pois aplicando o intervalo de 3/2 descendentemente em 2/1 temos o que Partch chama de *Utonality*. Pois quando aplicados intervalos descendentemente temos intervalos Utonais. Perceba o acorde de 1/1, 1/3 e 1/5, estes conjuntos de intervalos são Utonais e representam os intervalos 1, 3 e 5 da série harmônica aplicados de forma descendente, daí a influência.

[27] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 6*.

Partindo do intervalo 3/2, obtido pelo cálculo de média aritmética, Johnston calcula novamente a média aritmética, porém agora a de 1/1 e 3/2 adquirindo 5/4.

$$\frac{1}{1}+\frac{3}{2}=\frac{5}{2}\div 2=\frac{5}{4}$$

Todo novo intervalo é sobreposto ascendentemente com o primeiro termo da média aritmética (sempre 1/1) e descendentemente com o segundo termo, que sempre será o resultado da média aritmética anterior (variável).

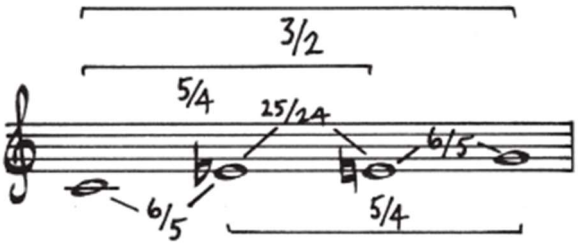


Figura 7 - Intervalo 5/4 aplicado ascendentemente para 1/1 e descentemente para 3/2[28] (JOHNSTON, 2006, p. 17).

Este processo é realizado com os seguintes intervalos: 2/1; em sequência o resultado da média de 2/1 = 3/2; a seguir o resultado da média de 3/2 = 5/4. Tanto 3/2 quanto 5/4 são aplicados ascendentemente com o intervalo de 1/1 e descendentemente com o intervalo resultante da média aritmética anterior, assim 5/4 é aplicado descendentemente no intervalo de 3/2, obtendo 6/5.

$$\frac{3}{2}\div\frac{5}{4}=\frac{6}{5}$$

Depois que Johnston adquire 3/2 e 5/4 por média aritmética, como pode ser observado nas figuras 6 e 7, ele obtém indiretamente os intervalos 4/3 e 6/5 pela aplicação descendente de 3/2 (em relação à 2/1) e 5/4 (em relação à 3/2), respectivamente. Com estes intervalos, transforma-se (acreditamos que arbitrariamente) 1/1, 4/3 e 3/2 em fundamentais e em sequência sobrepõe, a partir de cada fundamental, o conjunto ordenado de intervalos (5/4 e depois 6/5) e (6/5 e depois 5/4). Observe que a segunda sobreposição (o intervalo que gerará a quinta de cada tríade) acontece em relação ao intervalo obtido pela primeira sobreposição (a terça de cada tríade). Desta forma, no caso do acorde justo de C maior, 6/5 é sobreposto ao intervalo de 5/4 e não em relação ao intervalo de 1/1. Isso acontece com todas as três fundamentais (1/1, 4/3 e 3/2) com as duas formas de sobreposição 5/4 e depois 6/5 e então 6/5 seguido por 5/4.

[28] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 7*.

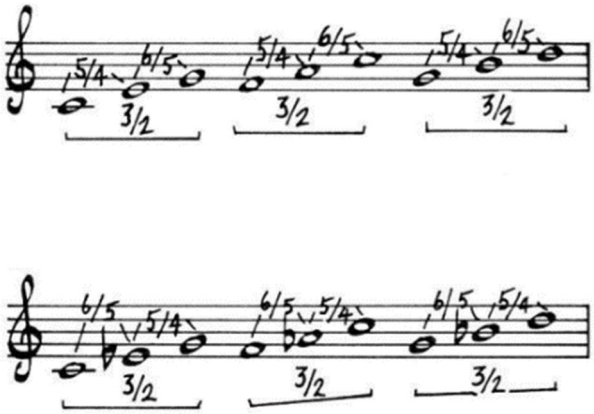


Figura 8 - Escalas derivadas das tríades menores e maiores[29] (JOHNSTON, 2006, p. 23).

Para concluir a concepção deste sistema, Johnston faz com que todas as razões sejam terças maiores (5/4) de alguma razão, terças menores (6/5) de alguma razão, quintas (3/2) e fundamentais (1/1) de alguma razão. Nesse sentido, por exemplo o intervalo 5/4 (E-14¢) será a terça menor de alguém, gerando um C♯-30¢ (25/24), já o intervalo de A♭+13¢ (8/5) será a quinta (3/2) de alguém gerando um D♭+11¢ (16/15) e assim sucessivamente até as alturas se sobreporem. Como veremos adiante, usaremos esse método de sobreposição com várias modificações, principalmente encaixando nele os números obtidos pelos crivos de Xenakis.

1.2.2. MOMENT OF SYMMETRY DE ERV WILSON

Neste subcapítulo abordaremos o que Erv Wilson chama de *Moments of Symmetry*[30] (MOS). Erv Wilson (1928 – 2016) foi um compositor mexicano nascido em Chihuahua. Para Narushima (2017, p. 206), "Wilson cunhou o termo [MOS] para descrever as escalas resultantes de uma cadeia de intervalos que produzem dois (e não três) intervalos de tamanhos diferentes. Esses intervalos são designados como os intervalos pequenos (s) e os grandes (L)"[31]. Exemplificando, é escolhido um intervalo gerador – por exemplo 5/4 – que é sobreposto uma vez, depois duas vezes, depois três vezes etc. Considera-se MOS toda aquela sobreposição que tenha somente dois intervalos após a redução

[29] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 8*.
[30] Doravante somente MOS.
[31] Tradução nossa, original: "Wilson coined the term to describe those scales resulting from a chain of intervals that produce two (and not three) different-sized intervals. These intervals are designated as the small (s) and large (L) intervals."

para uma oitava ou qualquer outra extensão, um intervalo pequeno (s) e um grande (L). Isso quer dizer que não estão incluídos nos MOS sobreposições que no final tenham mais de dois intervalos[32].

Observe a sobreposição do intervalo 5/4 dentro de uma oitava (2/1). Quando há a sobreposição de 5/4 duas vezes temos a seguinte operação aritmética.

$$\frac{1}{1}\text{x}\frac{5}{4} = \frac{5}{4} \text{ e posteriormente } \frac{\mathbf{5}}{\mathbf{4}}\text{x}\frac{5}{4} = \frac{\mathbf{25}}{\mathbf{16}}$$

Assim obtemos os intervalos 1/1 (intervalo de partida), 5/4, 25/16 e, por usar a razão 2/1 como extensão, a incluímos na operação. Sendo assim, ao analisar os intervalos entre os graus da 'escala', observamos que temos somente dois intervalos.

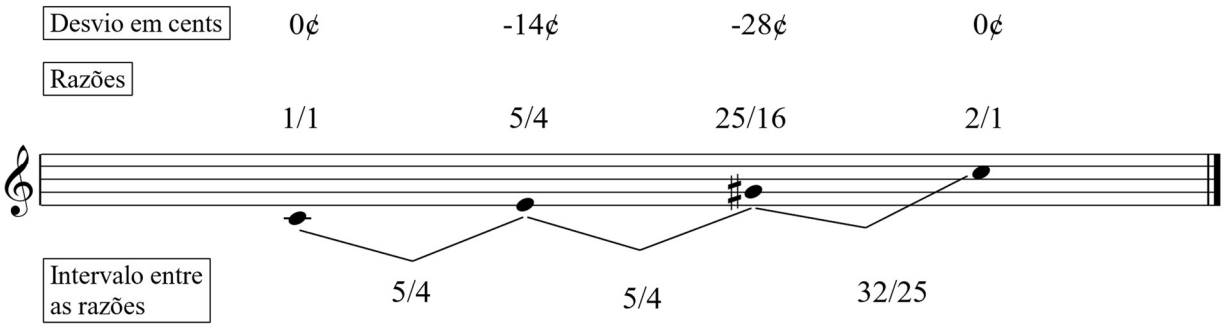


Figura 9 - Exemplificando o MOS sobre o intervalo 5/4 sobreposto 2 vezes[33]. Imagem do autor.

Por este motivo, podemos afirmar que a sobreposição do intervalo 5/4 duas vezes é um MOS utilizando a extensão 2/1, sendo a sua estrutura interna é ssL, ou dois intervalos pequenos (*small*), representados por 5/4 contendo 386¢ e um intervalo grande (*Large*), representado por 32/25 que contém 427¢. Perceba ainda que esse MOS pode ser simplificado por 1, 5^1, 5^2 e 2, sendo que após estas operações reduzimos todos os intervalos para uma única oitava - por termos 2/1 como extensão.

Agora suponha o intervalo 5/4 sobreposto 6 vezes que resulta na seguinte representação aritmética: 1, 5^1, 5^2, 5^3, 5^4, 5^5, 5^6 e 2 (Lembrando que 1 e 2 são o âmbito desta sobreposição, por isso aparecem na operação). Por estarmos lidando com um âmbito de uma única oitava temos que reduzir todos os números 1, 5^1, 5^2, 5^3, 5^4, 5^5, 5^6 e 2 a uma única oitava, o que resulta nas seguintes razões respectivamente: 1/1, 5/4, 25/16, 125/64, 625/512, 3125/2048, 15625/8192 e 2/1. Para avaliar se a

[32] Após a leitura do livro *Microtonality and the Tuning Systems of Erv Wilson* fica claro que Wilson pensa os MOS principalmente com o objetivo de colocar essa afinação em algum sistema de teclados, contribuindo para seus grandes trabalhos nesse campo de afinação e teclados (ver capítulo 3 do livro de Narushima).
[33] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 9*.

sobreposição só contém 2 intervalos devemos organizá-la em uma escala ascendente, obtendo a seguinte ordem 1/1, 625/512, 5/4, 3125/2048, 25/16, 15625/8192, 125/64 e 2/1 e a seguinte notação.

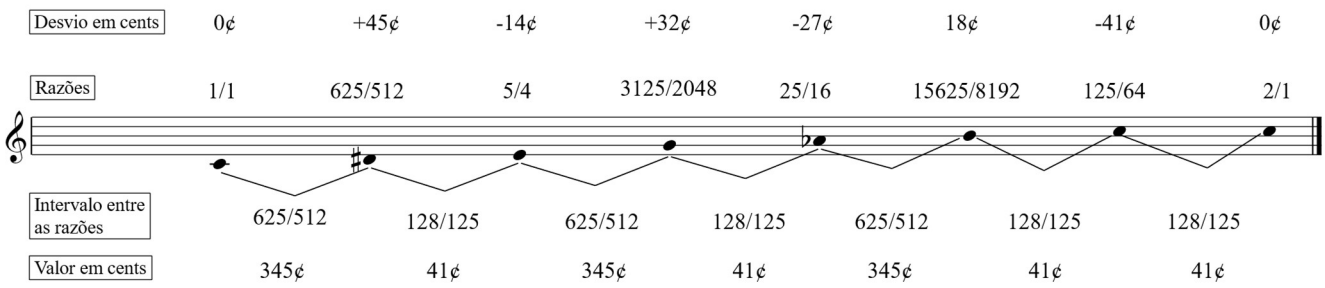


Figura 10 - MOS de 5/4 sobreposto 6 vezes[34]. Imagem do autor.

Após isso devemos dividir 625/512 por 1/1, 5/4 por 625/512, 3125/2048 por 5/4 até obtermos toda estrutura intervalar desta sobreposição: o que resulta na seguinte ordem respectivamente: 625/512, 128/125, 625/512, 128/125, 625/512, 128/125 e 128/125. Desta forma, podemos afirmar que a sobreposição de 5/4 seis vezes é um MOS pois só contém os intervalos 625/512 e 128/125. Aqui novamente fica claro como a automação destes processos é importante para o trabalho criativo.

Agora vamos a uma exceção, observe o intervalo de 5/4 sobreposto 7 vezes. Obtemos as seguintes razões: 1/1, 5/4, 25/16, 125/64, 625/512, 3125/2048, 15625/8192, 78125/65536 e 2/1, fazendo a verificação intervalar desta estrutura obtemos os seguintes intervalos 78125/65536, 128/125 e 625/512. Ou seja, há três intervalos, portanto o intervalo 5/4 sobreposto 7 vezes não é um MOS. Este processo se repete com qualquer intervalo e em qualquer extensão. Todo MOS tem somente 2 intervalos.

A construção dos MOS se mostra importante pois fornece um conteúdo intervalar homogêneo e não se remete à série harmônica, pois nela temos a operação de multiplicação por um número, nos MOS temos a operação de exponenciação. Acreditamos que com o uso de estruturas de sobreposição, tanto de Wilson como de Johnston, possamos construir conjuntos de alturas que possam ser utilizadas para criar e manipular timbres, seja na troca de parciais ou na manipulação de granuladores, tendo o objetivo de construir texturas/massas sonoras.

[34] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 10*.

1.3. O PRODUTO DE HARMÔNICOS EM ERV WILSON

Neste subcapítulo analisaremos o *Combination-Product Sets*[35] (CPS), outra teoria de Erv Wilson. Segundo Narushima, *Combination-Product Sets*

> são uma estrutura altamente simétrica e sem centro, que oferece uma abordagem radicalmente diferente da música que não é organizada em torno de um centro tonal ou 1/1, mas em vez disso, baseia-se nas inter-relações multidimensionais entre suas notas para produzir estruturas harmônicas coerentes[36] (NARUSHIMA, 2017, p. 140).

O CPS se mostra uma teoria interessante dentro de nosso contexto devido a suas características multidimensionais, o que está de acordo com o entendimento de *identities* ímpares com fundamentais em harmônicos primos (JOHNSTON, 2006), como veremos a seguir. No entanto, devemos observar que não almejamos o uso restrito da teoria de Wilson, mas principalmente, a sua proposta de conexão entre vértices – Wilson conecta vértices de entidades geométricas que possuam harmônicos em comum – e o uso quase que inexistente da razão 1/1. Este uso contribui para ocultar a nota de referência da Afinação Justa (NARUSHIMA, 2017, p. 150).

Antes de prosseguir, um breve esclarecimento da terminologia usada nos CPS's; usa-se a seguinte abreviação para identificá-los: X)Y, nela o Y indica o total de harmônicos no CPS, enquanto que o X representa o número de harmônicos combinados, X pode representar a combinação dos harmônicos de Y de 3 em 3, 4 em 4, 5 em 5, etc. Em outras palavras, X representará quantas combinações dos elementos de Y serão utilizadas para formar as frações, que por sua vez são o produto (multiplicação de todos os elementos) de cada combinação possível sem repetições de números. Por exemplo, no CPS 3)6, temos um total de 6 harmônicos que são combinados em todas as formas possíveis de 3 harmônicos sem repetição de conjuntos. Por exemplo, com o CPS com os harmônicos (1 3 5 7 9 11) o conjunto (1 3 7) e (3 1 7) são iguais, assim como não há conjuntos como (1 3 3), (3 3 3) ou (3 3 5). Após este processo os 3 fatores serão multiplicados entre si formando as razões, em outras palavras (1 3 7) se tornará 21 que em sequência se tornará 21/16. Seguindo a equivalência de oitavas.

---

[35] Há um app para a Iphone chamado Wilsonic no qual essas estruturas podem ser testadas.

[36] Tradução nossa, original: "CPS are highly symmetrical, centerless structures that offer a radically different approach to music that is not organized around a tonal center or 1/1, but instead relies on the multidimensional interrelationships between its notes to produce coherent harmonic structures."

Há vários tipos de CPS, eles se diferenciam pela quantidade de harmônicos resultantes, o tamanho do conjunto (Y) e qual será o tamanho da combinação do conjunto Y, o que estamos chamando de X. Na estrutura geométrica de nome Hexany – cuja abreviação é CPS 2)4 –, por exemplo, teremos 4 harmônicos (valor de Y) que são combinados em todos os pares possíveis sem repetições (pares se refere à dois, que é o valor de X). Novamente ressaltamos que: 1) as multiplicações de harmônicos por eles mesmos não são consideradas e 2) todas as multiplicações repetidas são excluídas visto que a ordem dos fatores não altera o resultado das multiplicações. Abaixo constrói-se o CPS-Hexany com os harmônicos 1, 3, 5 e 7 (NARUSHIMA, 2017, p. 140).

CPS – Hexany 2)4				
	1	**3**	**5**	**7**
1	-	1 x 3 = 3	1 x 5 = 5	1 x 7 =7
3	-	-	-	3 x 7 = 21
5	-	5 x 3 = 15	-	-
7	-	-	7 x 5 = 35	-

Tabela 3 - Exemplo de construção do Hexany 2)4. Tabela do autor.

O exemplo acima fornece os seguintes números, 3, 15, 5, 7, 21 e 35. O próximo passo é a transformação destes números em razões. Para isso, adiciona-se denominadores que seguem a série geométrica de 2 com fator 2. Esses denominadores são adicionados de modo a obter somente intervalos dentro de uma oitava (na teoria de Wilson). Assim temos as seguintes razões: 3/2, 15/8, 5/4, 7/4, 21/16, 35/32.

Para se construir as conexões entre os produtos das multiplicações dos harmônicos, Wilson cria ligações entre as razões/números que contenham harmônicos em comum em seu conjunto de construção, por exemplo, o número 15 e 35 têm o fator 5 em comum, pois 15 vem de (5 x 3) e 35 de (5 x 7), então eles estarão conectados.

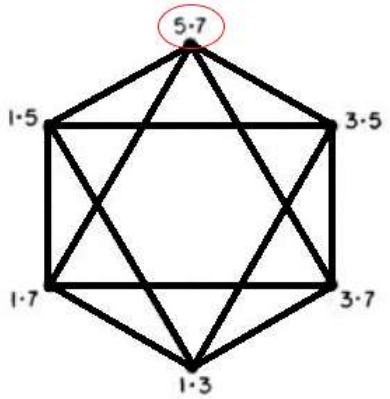


Figura 11 - Hexany segundo Erv Wilson (Narushima, 2017, p. 153).

Observe que o vértice que contém os harmônicos (5 7) é conectado com os vértices que contêm o harmônico 7 em comum (3 7) e (1 7); assim como o harmônico 5: (3 5) e (1 5), essa conexão será importante quando formos analisar os crivos de Iannis Xenakis e seus números. No entanto, antes abordaremos as metodologias para as construções de estruturas harmônicas tanto no Hexany e no Eikosany.

1.3.1. CPS-HEXANY – QUATRO HARMÔNICOS COMBINADOS EM PARES

Como dito acima, o Hexany é uma estrutura que contém quatro harmônicos que são combinados entre si duas vezes e após isso multiplicados, resultando em 6 razões. Vale ressaltar que, como afirma Chalmers (1995, p. 116), embora há uma nota de referência para a construção do Hexany, ela não faz parte do conjunto de alturas utilizadas. Desta forma, usando os harmônicos 3, 5, 13, e 21 teríamos as seguintes razões: 15/8 (3 5)[37], 39/32 (3 13), 63/32 (3 21), 65/64 (5 13), 105/64 (5 21) e 273/256 (13 21). O que na notação tradicional, com C4 como nota de referência, resultaria respectivamente nas seguintes alturas:

[37] Todos os números, no capítulo de CPS, que aparecerem entre parênteses representam a multiplicação de todos eles. Assim (3 5) representa o harmônico 15 e sua razão correspondente é 15/8. Assim como (3 5 7) representa o harmônico 105 pois 3 x 5 x 7 é igual a 105, a razão que representa este harmônico é 105/64.

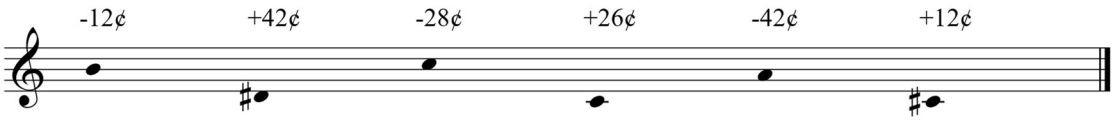


Figura 12 - Notação tradicional para o Hexany 3, 5, 13 e 21[38]. Imagem do autor.

Wilson constrói uma metodologia para a construção de acordes dentro do Hexany, gerando 10 estruturas com 3 notas, o que ele chamará de tríades[39], porém não são sobreposições de terças, mas sim o uso de 3 vértices. Na construção de estruturas acórdicas, segundo Narushima (2017, p. 152), as tríades harmônicas são construídas a partir da multiplicação de uma seleção de três harmônicos pelo harmônico que sobra no conjunto do Hexany. Por exemplo, a multiplicação de 3, 5 e 13 por 21 que resulta em: 63, 105 e 273 sendo então transformados em 63/32, 105/64 e 273/256. Para as tríades sub-harmônicas[40] multiplica-se esses três harmônicos por eles mesmos, ou seja: 3 x 5, 5 x 13, 13 x 3 resultando em: 15, 65 e 39 o que será transformado em: 15/8, 65/64 e 39/32. Wilson tratará essas duas tríades como opostas (63/32, 105/64 e 273/256 vs 15/8, 65/64 e 39/32) (NARUSHIMA, 2017, p. 152) assim como na teoria tonal pode haver um maior vs menor; e em Partch um Utonal vs Otonal. Podemos ver ainda que elas são simetricamente opostas, pois (273/256 105/64 63/32) – colocamos as razões em escala ascendente – gera (6111¢ 6857¢ 7173¢) que tem os seguintes intervalos (746¢ 316¢). E a tríade (65/64 39/32 15/8) gera (6027¢ 6342¢ 7088¢) que tem os seguintes intervalos (316¢ 746¢). Observe que os acordes são simetricamente opostos.

Para concluir, o Hexany é a estrutura simétrica mais simples do CPS, porém se mostra útil em um contexto musical no qual se deseja explorar as alturas de forma mais consistente ou até abrir caminho na exploração de outros parâmetros musicais.

1.3.2. CPS-EIKOSANY – SEIS HARMÔNICOS COMBINADOS EM TRIOS

Terumi Narushima (2017, p. 161) apresenta o Eikosany da seguinte forma: “Seguindo o Hexany, o qual é o exemplo mais básico de CPS, o próximo na série é o 3)6 Eikosany, que conduz

[38] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 12*.
[39] Seguiremos o emprego da palavra tríades neste texto como o emprego no texto de Narushima (2017) e Chalmers (1995), porém ressaltando que as palavras *tríades* e *tétrades* não se referem ao empilhamento de terças, mas ao uso de 3 vértices, assim como o uso de *trianis* e *tetranies* seria mais correto.
[40] Que não tem nada a ver com a Utonalidade de Partch nem com a série sub-harmônica.

ao relativamente inexplorado reino do hiperespaço sem centro[41].” Essa questão do hiperespaço sem centro será abordada à frente ao falarmos dos crivos de Iannis Xenakis.

Voltando ao Eikosany, ele é um conjunto de 6 harmônicos combinados em grupos de três que são multiplicados gerando 20 razões (NARUSHIMA, 2017, p. 165). Utilizando os harmônicos 1, 3, 5, 7, 9 e 11 temos as seguintes multiplicações: (1 3 5 = 15/8), (1 3 7 = 21/16), (1 5 7 = 35/32), (3 5 7 = 105/64), (1 3 9 = 27/16), (1 5 9 = 45/32), (3 5 9 = 135/128), (1 7 9 = 63/32), (3 7 9 = 189/128), (5 7 9 = 315/256), (1 3 11 = 33/32), (1 5 11 = 55/32), (3 5 11 = 165/128), (1 7 11 = 77/64), (3 7 11 = 231/128), (5 7 11 = 385/256), (1 9 11 = 99/64), (3 9 11 = 297/256), (5 9 11 = 495/256) e (7 9 11 = 693/512), em notação tradicional temos o seguinte, respectivamente:

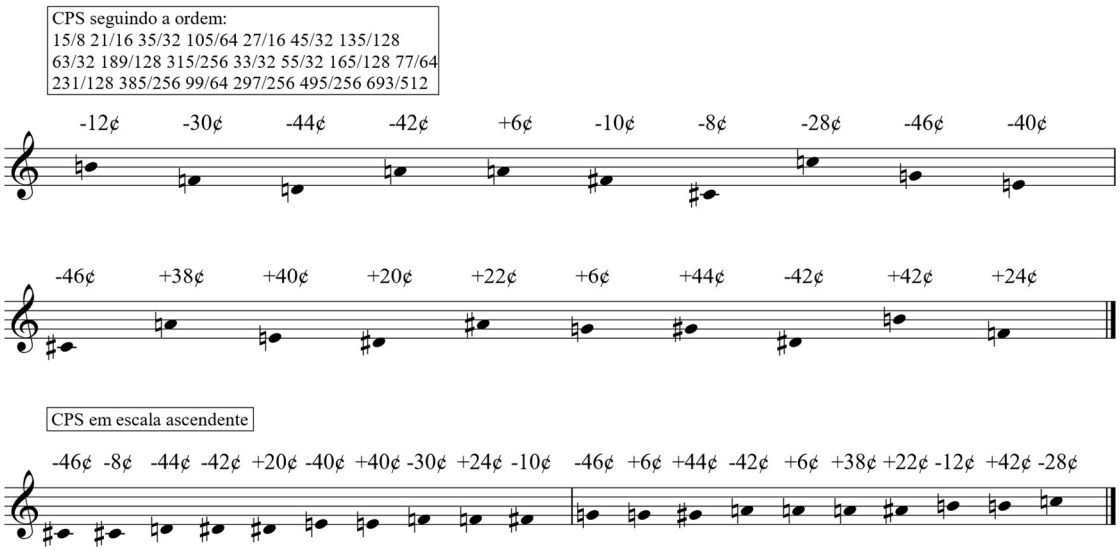


Figura 13 - Eikosany (1 3 5 7 9 11) em notação, os números acima se referem ao desvio em cents[42]. Imagem do autor.

Da mesma forma que no Hexany, Wilson estabelece metodologias para a construção de estruturas acórdicas no Eikosany, sendo a primeira metodologia responsável por construir as tríades. Para isso, o primeiro passo é fazer todas as combinações possíveis em grupos de 3 fatores utilizando os 6 fatores do Eikosany, o que resulta em: (1 3 5), (1 3 7), (1 5 7), (3 5 7), (1 3 9), (1 5 9), (3 5 9), (1 7 9), (3 7 9), (5 7 9), (1 3 11), (1 5 11), (3 5 11), (1 7 11), (3 7 11), (5 7 11), (1 9 11), (3 9 11), (5 9 11) e (7 9 11). Exemplificando a tríade sobre o conjunto (1 3 5), a partir dessa combinação voltamos aos 6 harmônicos e excluímos os três harmônicos que estão na tríade, neste caso 1, 3 e 5. Ou seja, no

[41] Tradução nossa, original: “Following the Hexany, which is the most basic example of self-mirroring CPS, next in the series is the 3)6 Eikosany, which leads into the relatively unexplored realm of centerless hyperspace.”
[42] A escala ascendente desta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 13*.

conjunto 1, 3, 5, 7, 9 e 11 sobrariam os harmônicos 7, 9 e 11. A partir daí combinamos os harmônicos 7, 9, 11 em pares o que resulta em: (7 9), (7 11) e (9 11). E então unimos cada um desses conjuntos de pares a cada harmônico do conjunto 1, 3 e 5 (nossa tríade). Logo, para o par (7 9), temos (1 7 9)[43], (3 7 9) e (5 7 9) para a primeira tríade; para o conjunto (7 11) temos: (1 7 11), (3 7 11) e (5 7 11) para a segunda; para o conjunto (9 11) temos: (1 9 11), (3 9 11) e (5 9 11) para a terceira tríade. Observe que essas três tríades são para o conjunto (1 3 5) e que no primeiro fator dos conjuntos sempre temos um dos seguintes números: 1, 3 e 5 – o conjunto selecionado para a construção da tríade; os dois últimos harmônicos são uma das três combinações em pares possíveis dos harmônicos 7, 9 e 11.

Para as *tríades sub-harmônicas* o processo é inverso. O primeiro passo é fazer todas as combinações possíveis em grupos de 3 fatores utilizando os 6 fatores do Eikosany. O segundo passo, para o conjunto (1 3 5), é combinar esses 3 harmônicos em pares, isso resulta em: (1 3), (1 5) e (3 5) e acrescentar, separadamente, os harmônicos que sobraram (7 9 11) na multiplicação. Assim temos: (1 3 7), (1 5 7) e (3 5 7) para a primeira tríade sub-harmônica sob o número 7; (1 3 9), (1 5 9) e (3 5 9) para a segunda tríade sub-harmônica sob o número 9; e por último (1 3 11), (1 5 11) e (3 5 11) para a terceira tríade sub-harmônica sob o número 11. Observe que os dois primeiros fatores dos conjuntos acima são sempre uma combinação em pares dos números 1, 3 e 5. Os últimos fatores são sempre um dos seguintes números: 7, 9 ou 11. Ou seja, para as tríades sub-harmônicas combinamos em pares o conjunto escolhido no primeiro passo, neste caso 1, 3 e 5. Para as tríades harmônicas combinamos em pares os harmônicos que sobram, assim na tríade 1, 3 e 5 combinamos em pares os harmônicos 7, 9 e 11.

Novamente, vale ressaltar como o Eikosany é uma estrutura interessante ao trazer para essa teoria as noções de *identities* e suas três metodologias de análise que discutimos anteriormente. Perceba como a tríade sub-harmônica constrói uma estrutura consonante, por exemplo na tríade (1 3 11), (1 5 11) e (3 5 11) que resulta nas razões (33/32 55/32 165/128) e nas seguintes alturas: C+53¢, A+38¢ e E+40¢, o que temos é uma série harmônica sobre o harmônico 11 no qual há a presença dos parciais número 3 (terceiro harmônico de 11 = 33), 5 (quinto harmônico de 11 = 55) e 15 (décimo quinto harmônico de 11 = 165): 11 x 3, 11 x 5, 11 x 15 respectivamente. Observe 1) como os intervalo em cents entre as notas G, E, B a partir de C e C, A, E a partir de F+51¢ são iguais e 2) que as estruturas harmônicas nos retângulos vermelho e azul são iguais em termos intervalares. Ambas

[43] Demonstraremos que estamos falando do mesmo par sublinhando-os, para que o leitor possa notar, de modo mais simples, que somente o primeiro número do conjunto muda.

formam primeiro uma quinta +2¢ da nota de referência (C para o quadro azul e F+51¢ para o quadro vermelho), depois uma terça -14¢ e por último uma sétima maior -12¢.

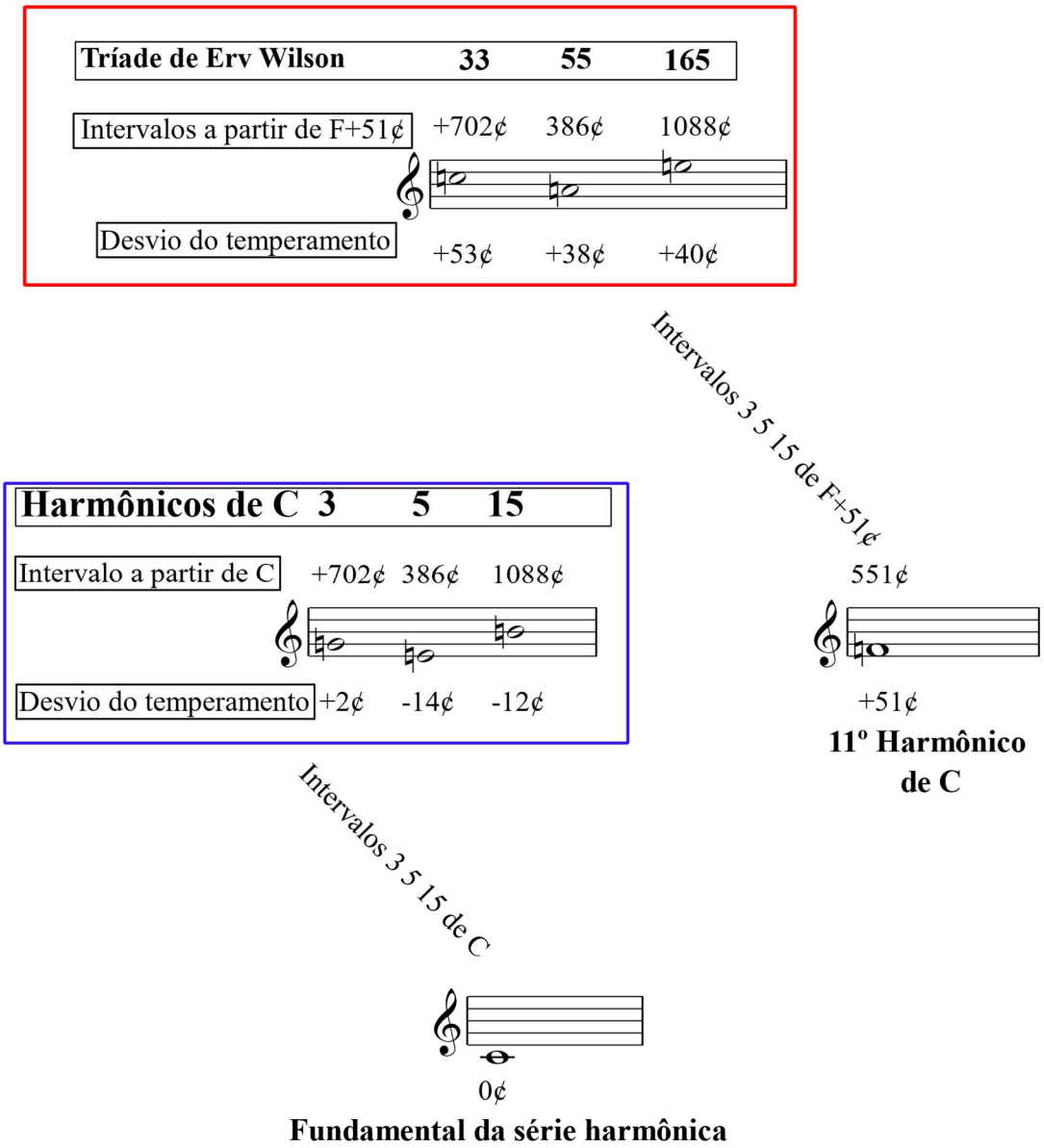


Figura 14 - Demonstração de como os intervalos dos CPS formam várias séries harmônicas diferentes. Imagem do autor.

Desta forma, podemos visualizar a desvinculação do intervalo de 1/1 observada por Narushima (2017) e Chalmers (1994), pois temos nesta tríade (33/32 55/32 165/128) uma forte fundamental no 11º harmônico da série harmônica. Se construirmos um Eikosany sobre a nota C4 (6000), ao utilizarmos essa tríade teríamos uma estrutura que indicaria a fundamental de F+51¢, sem que esta altura (F+51¢) apareça. Ao mesmo tempo que temos essas afirmações gravitacionais temos tríades

como a (1 7 9), (3 7 9) e (5 7 9) – (63/32 189/128 315/256) – que traz elementos do sétimo harmônico, porém de uma maneira menos clara, pois utiliza harmônicos distantes. Assim, podemos afirmar que já nas tríades do Eikosany temos, musicalmente, uma certa possibilidade de navegação entre *identities* harmônicas, que serão entendidas como fundamentais mesmo não sendo 1/1, por sua estrutura intervalar lembrar uma série harmônica.

Voltando a metodologias de acordes, para se construir as *tétrades*[44], o processo é similar com as tríades do Hexany. Combinamos quatro harmônicos – por exemplo 1, 3, 5 e 7 – e os multiplicamos pelos harmônicos que sobram: (9 11), caso o Eikosany esteja construído sobre os harmônicos 1, 3, 5, 7, 9 e 11. Isso resulta em: (1 9 11), (3 9 11), (5 9 11) e (7 9 11), perceba que temos aí uma série harmônica com os harmônicos 1, 3, 5 e 7 a partir de 99. Para as tétrades *sub-harmônicas*, recombinamos os quatro harmônicos escolhidos em um conjunto de três harmônicos. Isso resulta para a tétrade 1, 3, 5 e 7: (1 3 5), (1 3 7), (1 5 7) e (3 5 7); nesta situação não aparecem os harmônicos 9 e 11. Assim para cada conjunto de 4 harmônicos há uma tétrade harmônica e uma tétrade sub-harmônica. No capítulo 3 voltaremos a essas estruturas de Afinação e suas aplicações no OM e OM#, veremos como tais ferramentas auxiliam na automatização dos extensos cálculos proporcionando amplo acesso a essas estruturas harmônicas. Como o(a) leitor(a) deve ter percebido, optamos por demonstrar as teorias dos autores da Afinação Justa seguindo estritamente suas demonstrações. A seguir discutiremos e analisaremos a teoria dos crivos, é nesta teoria que teremos base para ampliar os números pelos quais as afinações aqui apresentadas são baseadas, nos distanciando de 1, 3, 5, 7, 9, 11 e nos apropriando de números maiores.

[44] Assim como as tríades, não falamos de sobreposições de terças ao falar de tétrades, mas sim de um conjunto de quatro notas.

2. CRIVOS: FERRAMENTA PARA A CONSTRUÇÃO DE SIMETRIAS

A série harmônica é uma estrutura infinita. Há infinitos números que multiplicados por uma frequência geram alturas. Desta forma, se a estrutura da série harmônica é infinita e se usamos números naturais para construir estruturas de Afinação Justa é necessário encontrar um método de escolha que limite nosso material. Olhando para os compositores/teóricos apresentados no capítulo 1, a seleção de Harry Partch segue o uso dos primeiros números naturais ímpares, gerando indiretamente números fracionários como 8/5, 4/3, entre outros. A partir da leitura de *Genesis of Music* podemos afirmar que, em Partch, predomina-se o uso de números menores que 13, limitando sua escolha em 7 possibilidades de configurações de limite-n, isso se contarmos todos os números ímpares de 1 até 13 e 6 possibilidades se levarmos em conta que Partch somente usa limites acima do número 5, pois não há qualquer referência a um Diamante limite-3.

A seleção de Ben Johnston e Erv Wilson (no MOS) é maior e abrange números maiores, pois diferente de Harry Partch eles não estão trabalhando com o número escolhido (ou seja, o próprio intervalo representado pelo número 5 ou 7, por exemplo). No sistema de Ben Johnston haverá o uso dos números 5, 3 além disso, como Partch, por trabalhar com sobreposição descendente, gera-se números fracionários como 1.302 (6/5), 1.333 (4/3) entre outros. Mas de fato, dentre todos os números gerados pela média aritmética, Johnston opta por escolher aqueles que tem a maior e mais direta ligação com o Tonalismo: o 3, o 4/3 ou 1.333, o 5 e o 6/5 ou 1.302. Em nosso contexto criativo, essas escolhas não fazem sentido, então poderíamos nos perguntar: Quais números escolher então? O que nos leva a infinitas possibilidades, o que novamente não resolve nosso problema. Seguindo para o MOS de Erv Wilson, não há nenhuma proposta de restrição de intervalo gerador, limitando-se a apresentar o que é um MOS e o que não. Essa omissão deixa a teoria vaga, principalmente por não termos aplicações composicionais do próprio Wilson.

Assim como no MOS, nos CPS não há qualquer indício de algum meio de escolha de números, do mesmo modo que não há restrições para quais números podem ser escolhidos ou não, ou seja, lidamos com estruturas infinitas em Johnston e nos MOS e CPS de Wilson. Portanto, dentre todas as teorias expostas podemos afirmar que a de Partch é a que fornece os mais claros caminhos musicais. Entretanto não são os caminhos que nos interessam criativamente.

Com essa breve recapitulação e resumo acreditamos ser possível afirmar que estas estruturas de Afinação não são suficientes 1) para o distanciamento das estruturas tonais e diatônicas que surgem

derivadas do período Barroco, ao mesmo tempo que 2) não fornecem modos concretos de lidar com as alturas que elas geram. É por este motivo, que em nossa opinião, são necessários filtros para o conjunto de números inteiros ao mesmo tempo que formas de lidar com as alturas geradas. É esta a lacuna que os crivos preenchem, eles ampliam nosso controle e nossas restrições no que diz respeito as estruturas de Afinação e à escolha dos números, fornecendo modos de organização antes e depois da construção de uma estrutura de Afinação. Por isso, neste capítulo nos concentraremos na apresentação de *nosso uso* criativo dos crivos.

2.1. A CONSTRUÇÃO DOS CRIVOS EM NOSSOS OBJETIVOS COMPOSICIONAIS

"Simetria é inerente a uma escala monofônica. Não é planejada; é inevitável". Esta fala de Partch (1974, p. 115) inspirou há alguns anos a investigação das simetrias da série harmônica, assim como uma busca de unir, na música, nosso interesse nos números primos, na matemática básica e na computação. Talvez não tenhamos achado a simetria mencionada por Partch, mas achamos inúmeras simetrias e neste capítulo, além de aproveitar as estruturas simétricas que são inerentes à própria série harmônica (a qual respeita com muita fidelidade as observações matemáticas de números primos, que já são por si só um crivo, conhecido como crivo de Erastóstenes), proporemos formas de construir estruturas que sejam simétricas fora da série harmônica, organizando as alturas em um nível superior e também anterior as estruturas de afinação vistas anteriormente. Deste modo, buscamos contribuir para a coerência musical no parâmetro da altura e todos os parâmetros na qual ela atue, seja horizontalmente ou verticalmente.

Mas de fato, o que é simetria? Um dos conceitos de simetria que utilizamos é o apontado por Kempf (1996, p. 155), no qual afirma-se que simetria é um "aspecto específico da repetição". Uma segunda definição é encontrada em Mackay (1986, p. 19) na qual a própria palavra simetria (do grego) significa 'a mesma medida'. De forma complementar, Mackay (1986, p. 19) afirma: "Dizer que um objeto ou uma situação é simétrico(a) nas coordenadas espaço-tempo x, y, z, t, significa que parte do objeto (etc.) tem a mesma medida que outra parte[45]". Deste modo, contextualizando ambas as afirmações, neste trabalho entendemos que uma situação musical é simétrica quando as coordenadas

[45] Tradução nossa, original: "To say that an object or a situation is symmetrical in space-time coordinates x, y, z, t, means that part of the object (etc.) has the same measure as another part."

de um dos parâmetros musicais têm a mesma medida que outros parâmetros ou que um parâmetro se auto referencie de alguma forma – e para nós esta referência não precisa ser exatamente igual, ela pode ser adaptada para cada meio. Tais medidas serão definidas pelos crivos, no sentido de perfis musicais, escolha de identidades harmônicas (*identities*), organização espacial de parciais, entre outros. Em resumo, em nosso trabalho, para haver simetria é necessário haver repetição em algum nível e, para construir tais simetrias, usaremos a teoria dos crivos.

Direcionando nossa abordagem para a teoria dos crivos, segundo Xenakis (1992, p. 168) eles são uma ferramenta usada para "construir simetrias que são tão complexas como se poderia querer"[46]. De modo complementar Xenakis afirma que: "A teoria dos crivos ajuda na seleção e organização de pontos em uma linha. A linha representa qualquer característica de um som o qual tem uma estrutura ordenada (tempo, altura, intensidade ou densidade)[47] [...]" (XENAKIS; VARGA, 1996, p. 93). Andreatta (2003, p. 46) é mais direto no uso dos crivos que faremos no contexto deste trabalho, afirmando que "a teoria dos crivos permite fazer uma seleção em um determinado conjunto". Com essas afirmações, optamos for definir que com os crivos selecionamos uma quantidade finita de números inteiros na construção de uma estrutura de afinação irradiando estas seleções para os demais parâmetros musicais fazendo, se necessário, adaptações.

Dito isso, para construir um crivo definimos um ponto de partida ($_y$) e uma unidade somatória (X). Xenakis simboliza o crivo da seguinte maneira: X_y. Desta forma, em um crivo 19_{16} teríamos o 16 como número inicial, somado com 19 (16+19 = 35), o resultado é novamente somado com 19 (35+19 = 54), e assim sucessivamente. Após tal procedimento, aplicam-se os conceitos de *união* – representado pelo símbolo ∪, (unir os elementos de dois ou mais *crivos*) – e *intersecção* – representado pelo símbolo ∩, (criar um crivo a partir dos elementos comuns de dois ou mais *crivos*). Além destas duas operações, há ainda a possibilidade que é chamada de *complementação*. Esse método "inclui todos os elementos que não são membros" (EXARCHOS, JONES, 2011, p. 3) do crivo original.

O que não aparece claramente na teoria dos crivos é o conceito de limite. Ou seja, um número maior, do qual o conjunto não ultrapassará. Em nossa concepção esse limite é necessário, pois sem ele ainda estaríamos trabalhando com infinitos, por isso sempre construiremos um crivo decidindo seu ponto de partida, sua unidade somatória e seu limite. Sendo assim, tendo 64 como limite maior

[46] Crivos são uma estrutura convencionada a partir dos modos de Messiaen (XENAKIS; VARGA, 1996).
[47] Tradução nossa, original: "The sieve theory helps in the selection and organization of points of a line. The line represents any characteristic of sound which has an ordering structure."

(arbitrário), a partir do crivo 19_{16} teríamos a coleção (16 35 54) e a partir do crivo 11_{16} a coleção (16 27 38 49 60) pois o próximo número do crivo 19_{16} é (73) e do crivo 11_{16} é (71), ambos números maiores que o limite 64, portanto não são incluídos. A *união* destes dois crivos (representada assim: $19_{16} \cup 11_{16}$) terá o seguinte resultado (16 27 35 38 49 54 60); e a *intersecção* (representada assim: $19_{16} \cap 11_{16}$) terá somente o número (16), pois somente ele aparece em ambos crivos. No caso da complementação da intersecção ($19_{16} \cap 11_{16}$) o resultado seria todos os números de 17 até 64 sendo o 16 excluído por aparecer no conjunto da intersecção[48]. Por fim, apresentamos o conceito de perfil de um crivo. Ou seja, sua sucessão intervalar, a "listagem de todos seus intervalos sucessivos" (EXARCHOS, JONES, 2011, p. 2), que no caso do crivo (16 27 35 38 49 54 60) é (11 8 3 11 5 6).

Segundo Ariza (2005), Xenakis oferece dois modelos de construção de crivos, sendo que cada um deles usa diferentes conjuntos de operadores. No primeiro modelo temos os operadores de união, intersecção e complementação. Já no segundo há somente os operadores de união e intersecção. No entanto, Xenakis (1990) vai além e propõe a redução da construção de crivos a somente um único operador: a união. Para exemplificar, Xenakis (1990) reduz o crivo $((3_2 \cap 4_7 \cap 6_{11} \cap 8_7) \cup (6_9 \cap 15_{18}) \cup (13_5 \cap 8_6 \cap 4_2) \cup (6_9 \cap 15_{19}))$ à $(24_{23} \cup 30_3 \cup 104_{70})$. Mesmo que o segundo seja infinitamente mais simples, ambos têm o mesmo resultado. Diante deste contexto, Ariza (2005) afirma que todos os crivos podem ser construídos utilizando somente o operador união, de modo que não há necessidade matemática para o uso dos demais operadores. Entretanto, em outra direção, Exarchos (2011) afirma que a decomposição de um crivo com intersecções ajuda a compreender simetrias que não são visíveis ao usar somente a união. Como ficará implícito, optamos pelo uso da última implementação dos crivos por Xenakis (1990), ou seja, o uso único do operador *união* na construção. Mesmo assim, há diversas adaptações da análise proposta por Exarchos (2011) dentro do contexto da Afinação Justa, de modo que nossa abordagem difere de Xenakis, Exarchos e Ariza. Difere por estarmos interessados na aplicação da ideia de crivo na construção de estruturas harmônicas microtonais, sendo todo outro resultado um subproduto, que nem por isso deixa de ser esteticamente importante. É por este motivo que o(a) leitor(a) observará que há uma torção e mistura desses teóricos de modo que essa teoria possa servir para nossas propostas estéticas e composicionais.

[48] Sobre a complementação fazemos uma pequena ressalva, na implementação de Carlos Agon e Moreno Andreatta, que será vista a seguir, o processo de complementação incluirá todos os números de 0 até 64 e não de 17 até 64, acreditamos, por uma observação no código, que o processo de complementação não foi totalmente implementado

2.2. A CONSTRUÇÃO DE UM CRIVO

Por termos objetivos diferentes de Xenakis, Ariza ou Exarchos, todos os autores citados à frente são utilizados e refletidos com os óculos de um compositor – os(as) teólogos(as) diriam com a chave hermenêutica – que busca organizar e construir formas de compor utilizando a Afinação Justa, o timbre, a música mista e demais questões composicionais deste autor. E por este motivo, será recorrente o uso de Exarchos como principal autor, pois foi ele que nos propiciou mais *insights* composicionais. O principal motivo para isso é a incorporação da questão dos números primos ao analisar os crivos.

Para o debate composicional/criativo a seguir, dividiremos a análise dos crivos pela sua estrutura interna (a análise de seus perfis) e sua estrutura externa (a análise dos próprios números que os compõe) seguida de uma breve exposição do que estamos refletindo e do que será apresentado futuramente, de modo mais detalhado, no capítulo 3.

2.2.1. OS CRIVOS E SUA ESTRUTURA INTERNA

Para avaliar as características internas de um crivo Exarchos (2011) propõe uma análise a partir da simetria dos perfis. Os crivos simétricos são aqueles nos quais seus perfis são palíndromos e os assimétricos aqueles que seus perfis não são palíndromos. Todos os crivos que são construídos a partir do operador *união* (U) serão simétricos (SQUIBBS, 1996, p. 58) e seu perfil, em algum momento, será palíndromo. Exarchos (2011) afirma que, uma vez que o crivo é palíndromo toda sua rotação também será simétrica. Isso significa que no caso de um crivo com perfil palíndromo (2 1 2 2 2 1 2), Exarchos considerará o perfil (2 2 1 2 2 2 1) simétrico pois (2 2 1 2 2 2 1) é uma rotação de (2 1 2 2 2 1 2), como pode ser observado claramente na tabela abaixo.

Perfil do Crivo 1	2 1 2 2 2 1 **2**
Perfil do Crivo 1 – Rotacionado	**2** 2 1 2 2 2 1

Tabela 4 - Exemplo entre crivo palíndromo e crivo rotacionado. Tabela do autor.

Em nossa concepção, o perfil (2 2 1 2 2 2 1) pertence à outra categoria de simetria que chamaremos de *simetria cíclica*, acreditamos que essa divisão pode contribuir na aproximação

criativa, uma vez que buscamos (idealmente) estruturas que possam ser ouvidas e não somente estruturas que organizam o material musical.

Seguindo, não são todos os crivos que demonstram sua palindromia em uma primeira aproximação. Para tornar visível a palindromia de um perfil é necessária uma certa quantidade de pontos. Quanto maior a unidade somatória utilizada, maior o número de pontos necessários para que o perfil demonstre sua palindromia. Na união dos crivos 19_{16} e 11_{16} com o limite 64, sua palindromia não é visível, no entanto, aumentando o limite para 225 podemos observá-la.

(11 8 3 11 5 6 11 2 9 10 1 11 7 4 **11** 4 7 11 1 10 9 2 11 6 5 11 3 8 11)

Por isso, em nossa concepção, para construir um crivo palíndromo é necessário saber em qual limite ele se torna palíndromo.

Para acessarmos tal informação, caso ambos os crivos possuam o mesmo ponto de partida, basta somar o seu ponto de partida com o produto de todas unidades somatórias. Advertimos que este processo só é verdadeiro em crivos que contenham o mesmo ponto de partida. Desta forma, para união dos crivos 19_{16} e 11_{16}, teríamos a seguinte equação:

Ponto de partida + (Produto de todas Unidades Somatórias) = Limite do crivo

$$16 + (19 \times 11) = 225$$

Portanto, pelo nosso critério de simetria, o crivo $19_{16} \cup 11_{16}$ com o limite 225 é palíndromo por isso será simétrico.

Para crivos que não partam do mesmo ponto de partida, por falta de uma equação suficientemente boa que dê conta de vários parâmetros diferentes, desenvolvi um algoritmo em OM e OM# que testa, via força bruta, todos os limites possíveis dentro de uma extensão definida pelo(a) compositor(a), ele será descrito a seguir no capítulo 3, mas com ele podemos saber que o crivo $19_{16} \cup 11_{17}$ é palíndromo nos limites 73, 282 e 491.

Para os *crivos* assimétricos, Exarchos (2011) afirma que são aqueles que seus perfis não são palíndromos. Um exemplo utilizado pelo autor é o seguinte *crivo*: ($17_0 \cup 17_1 \cup 17_4 \cup 17_5 \cup 17_7 \cup 17_{11} \cup 17_{12} \cup 17_{16}$). Com ele, tendo 34 como limite teríamos: (0 1 4 5 7 11 12 16 17 18 21 22 24 28 29 33 34) e seu perfil seria: (1 3 1 2 4 1 4 1 | 1 3 1 2 4 1 4 1), o "|" separa os períodos repetidos. Este perfil tem um *período* igual a: (1 3 1 2 4 1 4 1). Isso significa que seu perfil sempre seguirá esta ordem de oito elementos (1 3 1 2 4 1 4 1), sendo que eles se repetem não importando o limite utilizado. O *período* nem qualquer uma de suas rotações é palíndromo, por este motivo é considerado assimétrico.

No contexto deste trabalho teremos cuidado ao analisar assimetrias, principalmente devido ao fato de que em certos crivos há uma necessidade de definir um limite para afirmar se ele é assimétrico ou não. Por exemplo, Exarchos (2005, p. 2) afirma que "a representação teórica de um crivo assimétrico periódico só é possível de acordo com seu período. Sua estrutura intervalar é assimétrica. Este é o caso da escala maior: ($12_0 \cup 12_2 \cup 12_4 \cup 12_5 \cup 12_7 \cup 12_9 \cup 12_{11}$)." Observe que o *perfil* do crivo utilizado como exemplo por Exarchos é: (2 2 1 2 2 2 1), este mesmo crivo com o limite de 24 tem o seguinte resultado (0 2 4 5 7 9 11 12 14 16 17 19 21 23 24) e o seguinte perfil: (2 2 1 2 2 2 1 | 2 2 1 2 2 2 1). Perceba que temos o período (2 2 1 2 2 2 1). Ao realizar operações com períodos completos, podemos afirmar que este crivo não é palíndromo. No entanto, também podemos analisar o perfil deste crivo pela *simetria cíclica*. Uma terceira possibilidade é realizar a análise utilizando períodos *incompletos*, o que pode gerar um crivo palíndromo sem a necessidade de transposição do perfil. Como é o caso de usarmos o limite 16, no qual o resultado é: (0 2 4 5 7 9 11 12 14 16) e seu perfil (2 2 1 2 2 2 1 2 2) é palíndromo, esse é mais um exemplo no qual o algoritmo de força bruta é útil.

Logo concluímos que Exarchos somente leva em conta simetrias e assimetrias utilizando períodos completos. Como afirmamos, nesta pesquisa optamos por avaliar um crivo seguindo a concepção de limite, ou seja, o crivo ($12_0 \cup 12_2 \cup 12_4 \cup 12_5 \cup 12_7 \cup 12_9 \cup 12_{11}$) pode ser palíndromo se usarmos os limites 16, 28, 40, 52, 64, 76, 88, 100, etc.; não palíndromo se usarmos outros limites; além de poder conter a *simetria cíclica* caso haja transposição com os crivos sob o limite 12, 24, 36, 48, etc.

A partir das opções discutidas anteriormente, podemos criar timbres que tenham um conteúdo espectral intervalar palíndromo, obtendo formas simétricas de manipulação de timbres alterando cada parcial individualmente. Um exemplo desta aplicação pode ser observado abaixo, no qual a partir da modificação da sobreposição proposta por Ben Johnston se constrói um espectro inarmônico palíndromo.

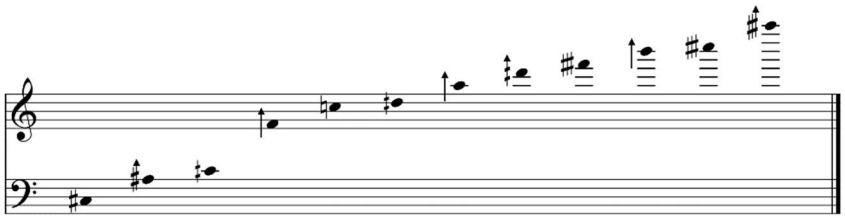


Figura 15 – O espectro tem o seguinte conteúdo intervalar a partir do C♯3: (924¢ 231¢ 462¢ 694¢ 231¢ 694¢ 231¢ 694¢ 462¢ 231¢ 924¢)[49].

Da mesma forma que o crivo, esta sobreposição é palíndroma e sua estrutura intervalar em cents é a seguinte: (924¢ 231¢ 462¢ 694¢ 231¢ 694¢ 231¢ 694¢ 462¢ 231¢ 924¢). Com ela podemos gerar as seguintes manipulações com os *samples*: < https://bit.ly/3pkg4gN >.

Outra possibilidade de aplicação é a construção de perfis palíndromos. No caso abaixo há, por exemplo, um perfil que será replicado verticalmente nas alturas ou nos gestos.

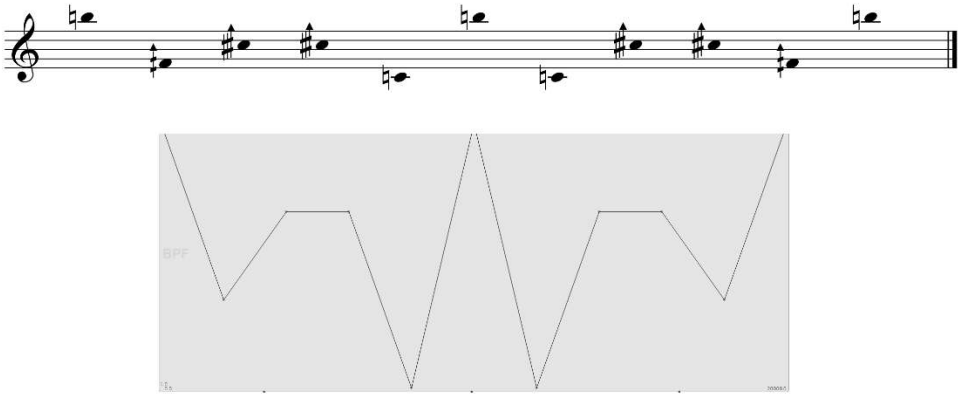


Figura 16 - Exemplo do perfil melódico simétrico.

Esses processos terão sua implementação detalhadamente discutida no capítulo 3. Concluindo, acreditamos que a partir das análises acima o(a) compositor(a) possa conhecer seu material, criando a possibilidade de contribuir na construção de coerências e contrastes musicais ao utilizar os perfis e as estruturas internas de crivos.

2.2.2. OS CRIVOS E SUA ESTRUTURA EXTERNA

[49] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 15*.

Após abordar os crivos avaliados pelo conceito de palindromia, vamos à segunda classificação de Exarchos (2011), relativa à periodicidade de um crivo. Exarchos (2007, p. 95) afirma que, na maioria das implementações dos crivos por Xenakis, o aspecto interno dos crivos é mais importante que seu aspecto externo. Em nosso trabalho há uma inversão de valores, o aspecto externo será mais importante para a análise de identidades harmônicas. Por isso faremos algumas considerações sobre essa inversão nos baseando na proposta de análise da periodicidade de um crivo (Exarchos, 2007).

Segundo Exarchos (2007) todo crivo que contém Unidades Somatórias que não são primas pode ser decomposto utilizando intersecções. Essa decomposição segue o processo de fatoração de um número natural, processo matemático que decompõe números não primos em números primos. Desta forma, por exemplo, o crivo 12_0 pode ser representado pela intersecção dos crivos 4_0 e 3_0. Isso se deve ao fato do número 12 ser decomposto como 3 e 2^2 ($2^2 = 4$). Assim há crivos que podem ser decompostos, como é o caso 12_0; e crivos que não podem ser decompostos como é o caso de 17_0 e 11_0, pois ambas unidades somatórias são primas. Segundo Exarchos (2007, p. 74), este processo pode permitir "transformações que podem não ser tão óbvias na escala real".

Em nosso trabalho lidaremos com a decomposição de um crivo, mas em outras duas abordagens que diferem de Exarchos. A primeira e mais simples é a decomposição dos números do resultado do crivo (aqueles números que serão utilizados como *identities*) e não de sua Unidade Somatória. Acreditamos que esta decomposição pode contribuir para não ter falsas impressões em relação ao material harmônico que estamos trabalhando (como apontado no final da exposição sobre a Tonalidade-Diamante). Suponhamos, por exemplo, o crivo (16 27 35 38 49 54 60). Retiremos de sua fatoração individual o algarismo 2 – (aquele número que representa a oitava na série harmônica). Este seria o resultado da decomposição de seus números.

Ponto do crivo	**Decomposição**	**Decomposição retirando os números 2**
16	(2 2 2 2)	-
27	(3 3 3)	(3 3 3)
35	(5 7)	(5 7)
38	(2 19)	(19)
49	(7 7)	(7 7)
54	(2 3 3 3)	(3 3 3)
60	(2 2 3 5)	(3 5)

Tabela 5 - Decomposição de cada número do crivo $19_{16} \cup 11_{16}$ com o limite 64.

Observe que os pontos 27 e 54 possuem a mesma decomposição (3 3 3), seguindo a equivalência de oitavas (retirada do número 2 da decomposição), e por isso são a mesma *identity*.

Agora uma segunda observação é em relação aos números 35 e 49; a princípio, se analisarmos eles através da ideia de *identities* ímpar (PARTCH, 1974) ambos serão *identities* distantes da fundamental da série harmônica, mas serão novas *identities*. Porém com a decomposição vemos que estas *identities podem ser* próximas e a relação entre elas é igual à relação entre as *identities* 5 e 7.

Perceba que ambos os intervalos entre as alturas (5/4 e 7/4) e (35/32 e 49/32) são iguais.

$$\frac{7}{4} \div \frac{5}{4} = \frac{7}{5} \longrightarrow 3986 \times \left(\log \frac{7}{5}\right) = 582.5¢$$

$$\frac{49}{32} \div \frac{35}{32} = \frac{7}{5} \longrightarrow 3986 \times \left(\log \frac{7}{5}\right) = 582.5¢$$

Figura 17 - Comparação entre os intervalos 5 e 7 e 35 e 49.

Ambos intervalos contêm 582¢. Por isso, ao usarmos as *identities* 35 e 49 sem outra estrutura harmônica, elas terão o mesmo intervalo que 5 e 7, sendo, portanto, percebidas como 5 e 7, no entanto 5 e 7 de 7 e não 5 e 7 de 1. Ou seja, terão no 7º harmônico sua fundamental (7 x 5 = 35 e 7 x 7 = 49) e não mais no número 1. Levando tais reflexões a um contexto musical, com a nota C como nota de referência da Afinação Justa, ao usarmos somente as *identities* 35 e 49 (sem qualquer outra estrutura), em determinados contextos musicais, não perceberemos a nota C como fundamental, tenderemos a perceber B♭-31¢ como fundamental. Isso pois B♭-31¢ é a altura do 7º harmônico da série harmônica sobre C. C representa 1, B♭-31¢ representa 7. 35 e 49 poderão ser entendidos como 35 e 49 de 1 (C) ou 5 e 7 de 7 (B♭-31¢). Observe atentamente a imagem conforme a figura 18, a relação *intervalar em cents* entre (5 7) e 1 é igual à (35 49) e 7. Por essas características, encontradas em alguns números, acreditamos que sem a decomposição podemos 'cair em armadilhas' musicais, nos quais os números representarão uma coisa, mas a música *poderá* ser outra.

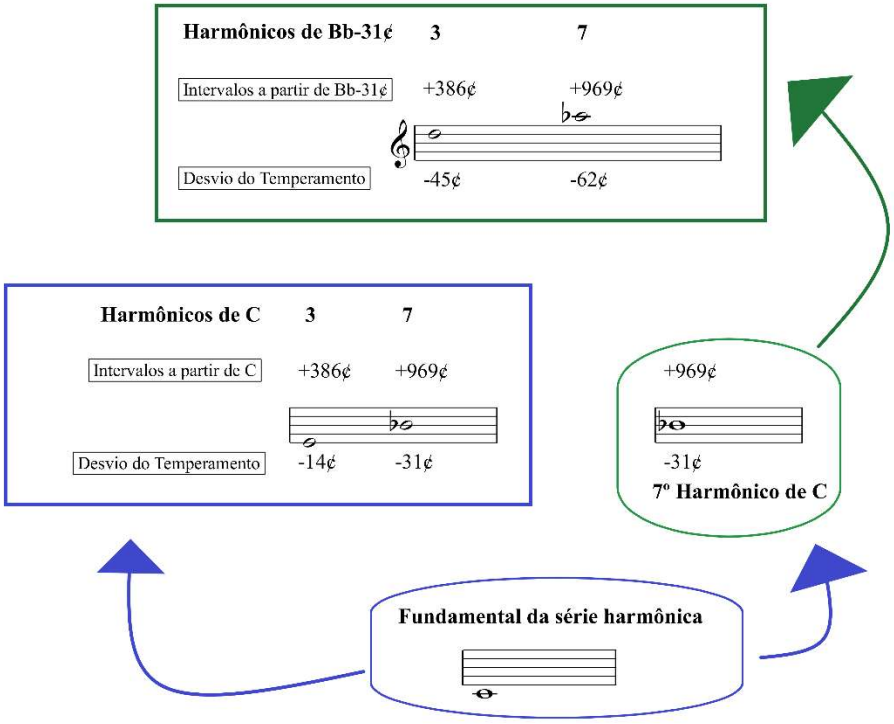


Figura 18 - Exemplo de como os harmônicos 35 e 49 podem ser interpretados como 5 e 7 de 7.

Desta forma, após a construção do crivo, é necessário analisar os seus pontos a partir da decomposição de seus números. Isso porque os grandes algarismos podem dar a impressão de estarmos lidando com estruturas altamente consonantes, diversas do tonalismo ou dos algarismos que se referem aos baixos harmônicos, quando na verdade, estamos lidando com harmônicos baixos de uma outra série harmônica dentro da série harmônica. Este fato pode prejudicar nosso intuito inicial de ampliar as teorias de Afinação de Partch, Johnston e Wilson por acreditarmos em uma informação que pode não ser verdadeira ao nosso ouvido. Sendo com ele que estamos preocupados.

Uma segunda abordagem é trazer para os crivos a possibilidade de entendê-los como *Combinations-Product Set*. Anteriormente vimos que Wilson une aqueles vértices que possuem um harmônico em comum com outros conjuntos, por exemplo, o vértice (1 3 5) será unido com (3 7 9) pois eles compartilham o número 3. Desta forma propomos, a partir da fatoração de um crivo, criar estruturas que unam e mostrem conexões harmônicas dentro de seu conteúdo numérico. É a partir deste processo que com os números (16 27 35 38 49 54 60), obtidos através do crivo ($19_{16} \cup 11_{16}$), obtemos a seguinte estrutura geométrica baseada no CPS de Erv Wilson e na análise de Exarchos:

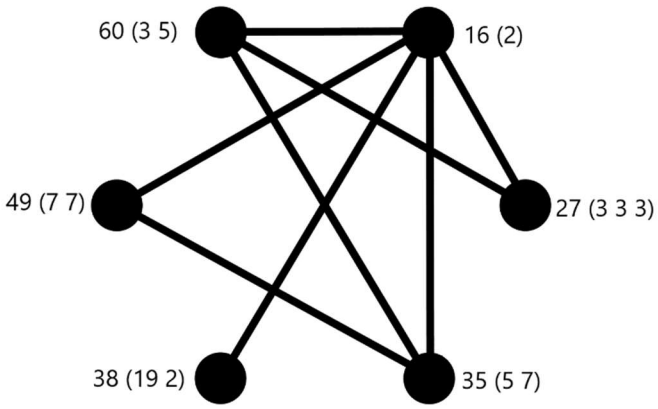


Figura 19 - Estrutura unindo Wilson, Xenakis e Exarchos analisando o crivo ($19_{16} \cup 11_{16}$). Imagem do autor.

Em uma breve análise – esta estrutura foi utilizada na obra que apresentaremos à frente – observe que o número 16 está conectado com todos os vértices pois ele representa a altura da própria fundamental da série harmônica (é a altura da fundamental 4 oitavas acima). O número 60 está conectado, além da unidade (16), com 27 por ambos terem o 3 em sua decomposição e com 35 por ambos terem o 5 em sua decomposição. O número 38 só está conectado com o 16, pois ele é múltiplo do primo 19 (refere-se ao segundo harmônico de 19), que é o único primo mais alto deste crivo, portanto, ele só pode se conectar com a unidade da série harmônica (16). Caso o 16 não aparecesse neste crivo, o 38 não seria conectado em nenhum número/vértice.

A parte interessante, mas complexa de descrever textualmente é a questão de séries harmônicas dentro de séries harmônicas, por isso voltemos ao conceito. A série harmônica é representada por todos aqueles múltiplos inteiros de uma frequência fundamental. É por isso que 14, 21, 28, 35, 42 etc. são uma série harmônica, pois eles são múltiplos de 7, ou seja, são uma série harmônica sobre a fundamental 7. Assim como 2, 3, 4, 5, 6 são múltiplos de 1. Por isso, quando há, em um crivo, números que compartilham algarismos em comum (após sua decomposição) há a possibilidade de interpretá-los como harmônicos daquele número em comum, o número em comum será sua fundamental. É pelo mesmo motivo que os números primos, que não podem ser decompostos em números menores, são aqueles harmônicos que dão à série harmônica um conteúdo intervalar novo ao mesmo tempo que são uma fundamental de uma nova série harmônica. Desta forma concluímos que assim como todos os números não primos podem ser construídos a partir de números primos, todos harmônicos não primos podem ser obtidos através dos harmônicos primos.

Nesse sentido, ao unirmos o universo da decomposição por números primos apontada por Exarchos, o universo de Wilson com suas conexões entre vértices e a ideia de Johnston de que

somente números primos trazem novas identidades harmônicas, criamos em um crivo, caminhos harmônicos que podem ser conectados por múltiplas séries harmônicas diferentes. Chegando finalmente ao inexplorado reino do hiperespaço sem nenhum centro ao mesmo tempo que vários centros.

Com base nas exposições acima, concluímos que os crivos de Xenakis unidos com a teoria de CPS de Erv Wilson trazem benefícios à compreensão de estruturas de afinação, pois se abrem caminhos para o uso de múltiplos conjuntos harmônicos dentro de si mesmo ou novas séries harmônicas dentro de si mesmas. Tal fato promove, de alguma forma, a evidência empírica de uma simetria fractal própria da série harmônica – talvez a simetria sugerida por Partch (1974, p. 115) – pois os harmônicos ímpares não primos remetem-se a outras séries harmônicas, bem como a série harmônica original (a partir de 1) pode se relacionar a uma outra série harmônica (a partir de 1/2) e assim infinitamente.

Na figura abaixo expomos como interpretamos o fenômeno da série harmônica, cada linha curva de cor diferente se refere a uma série harmônica que tem como fundamental um harmônico primo da série harmônica de C. Lembre-se que os harmônicos pares são repetidos e os harmônicos ímpares não primos são o encontro de duas séries harmônicas com fundamentais em harmônicos primos diferentes. Por exemplo, o harmônico 33 é o encontro da série harmônica com fundamental no harmônico 3 e outra fundamental no harmônico 11.

Destacamos que esta representação é um pequeno recorte de um fenômeno que se estende ao infinito, o mais interessante é que após vários ciclos há harmônicos que começam a ser o encontro de várias séries harmônicas diferentes. O harmônico 105, por exemplo, é o encontro da série harmônica sobre o harmônico 3, 5, e 7. Ou seja, são 3 séries harmônicas diferentes que se encontram, o que gera três possibilidades de fundamental. O harmônico 1155 é o encontro de 5 séries harmônicas, uma sobre 3, uma sobre 5, uma sobre 7 e uma sobre 11. Em outras palavras, quanto mais altos os números utilizados para a construção de um crivo, maior serão as possibilidades de conexão entre diferentes séries harmônicas.

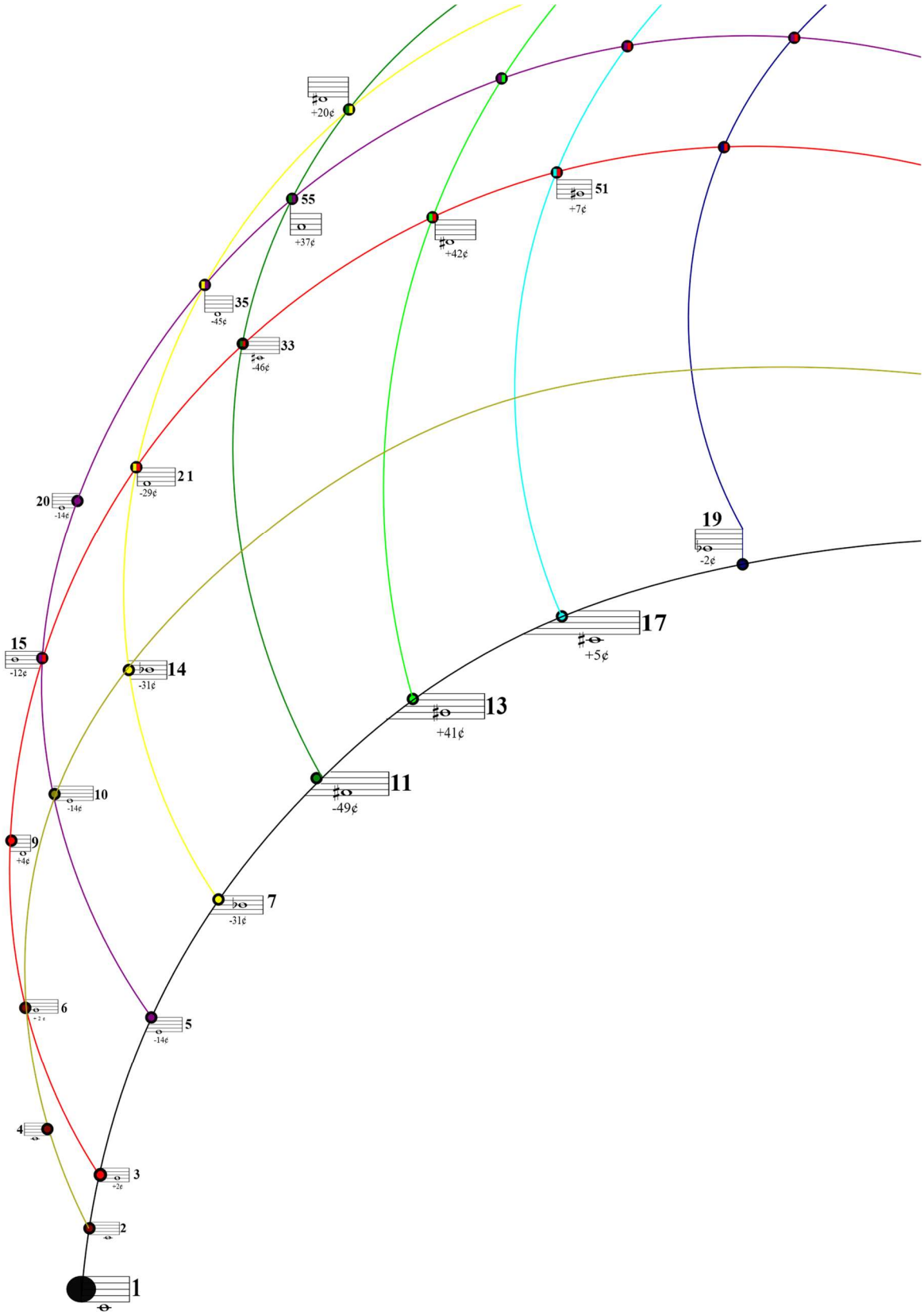


Figura 20 - Estrutura da série harmônica a partir da decomposição por números primos proposta por Exarchos e adaptada para o contexto da Afinação Justa. Imagem do autor.

3. IMPLEMENTAÇÕES E PROCESSOS NO OPENMUSIC

Neste capítulo descreveremos as implementações que foram necessárias para a aplicação das teorias descritas no capítulo 1 e no capítulo 2. Essas implementações têm dois objetivos: o primeiro é divulgar as teorias de Afinação e a teoria dos crivos proporcionando métodos simples de incorporá-las em ambientes de Composição Assistida por Computador. O segundo é voltado unicamente para processos desenvolvidos para a composição da obra *Arabesque | 19 11 97* e como parte da construção e luteria de nosso próprio instrumento eletrônico, que é entendida, em nosso caso, como extensões aos corpos dos instrumentos tradicionais. Todos os patches demonstrados nesta pesquisa estão disponíveis no seguinte endereço < https://www.ufjf.br/comus/cac_patches/> e os objetos e bibliotecas estão disponíveis nos seguintes endereços < https://github.com/charlesneimog/OM-JI/releases > e < https://github.com/charlesneimog/OM-Sieves/releases/ >.

3.1. IMPLEMENTAÇÃO DA AFINAÇÃO JUSTA NO OPENMUSIC

No capítulo 3.1. e 3.2. descreveremos o funcionamento de alguns objetos desenvolvidos para o software OM e OM#, esses objetos são ícones com *inlets* (acima do ícone) e *outlets* (abaixo do ícone) que realizam uma determinada função. Todos eles estão disponíveis para download e fazem parte das bibliotecas desenvolvidas como partes desta pesquisa, as denominamos de OM-JI[50] e OM-Sieves[51]. Para facilitar a leitura e caso o(a) leitor(a) tenha dúvidas posteriormente, descreveremos cada objeto em tópicos, dividindo-os em objetos gerais e objetos específicos de cada biblioteca apresentada. Neste capítulo iremos descrever detalhadamente os objetos da biblioteca OM-JI.

3.1.1. OBJETOS GERAIS

Choose: Este objeto é responsável por fazer a escolha de um elemento dentro de uma lista. No *inlet*1 temos uma lista de notas ou uma lista de listas[52]. E no *inlet*2 o número do elemento que queremos

[50] Esta biblioteca pode ser encontrada no site: https://github.com/charlesneimog/OM-JI/releases.
[51] Esta biblioteca pode ser encontrada no site: https://github.com/charlesneimog/OM-Sieves/releases.
[52] Uma lista tem apenas uma camada de parênteses, por ex.: (6000 6702 6969). Uma lista de listas tem duas ou mais camadas, por ex.: ((6000 5000) (4025 4325) (3256 4235)).

(contado da esquerda para a direita iniciando em 1). É possível selecionar dois elementos colocando mais números no *inlet*2. Vale lembrar que quando estamos trabalhando com lista de listas (resultados com mais de uma camada de parênteses) cada lista dentro de uma lista é um elemento. Para exemplificar observe o *choose* configurado com (1 3) no *inlet*2.

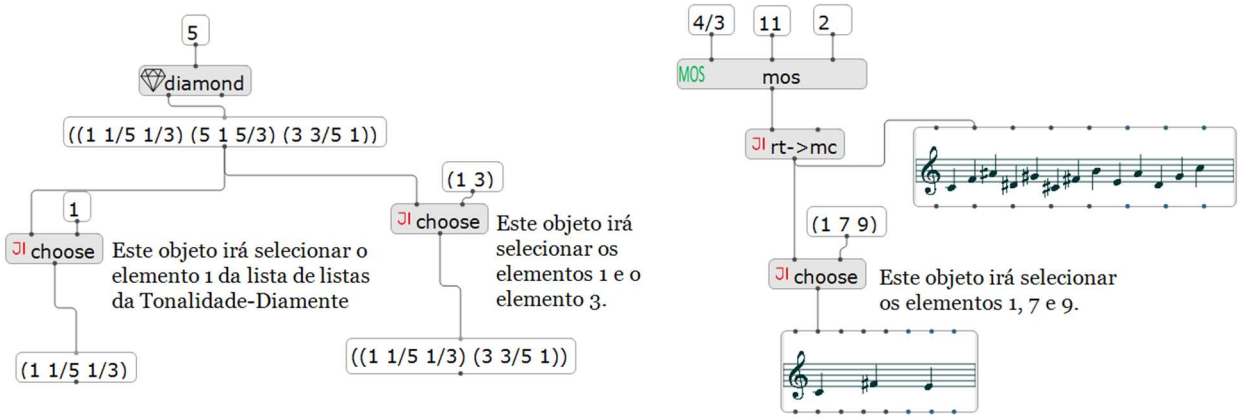


Figura 21 - Exemplo do objeto *choose*. Imagem do autor.

Range-reduce: Este objeto é responsável por reduzir os dados de midicents a uma certa extensão. No *inlet*1 colocamos a lista de notas que será reduzida. No *inlet*2 a nota mais grave que queremos e no *inlet*3 a nota mais aguda. Caso a diferença entre esses *inlets* (2 e 3) for menor que 1200¢ a avaliação dará erro e apresentará a seguinte mensagem: "*RANGE-REDUCE: The diference between the inlet2 e inlet3 must be at least 1200 cents*." De forma a orientar o uso de tal biblioteca, pois havendo menos de 1200¢ o objeto entraria em um *loop* eterno.

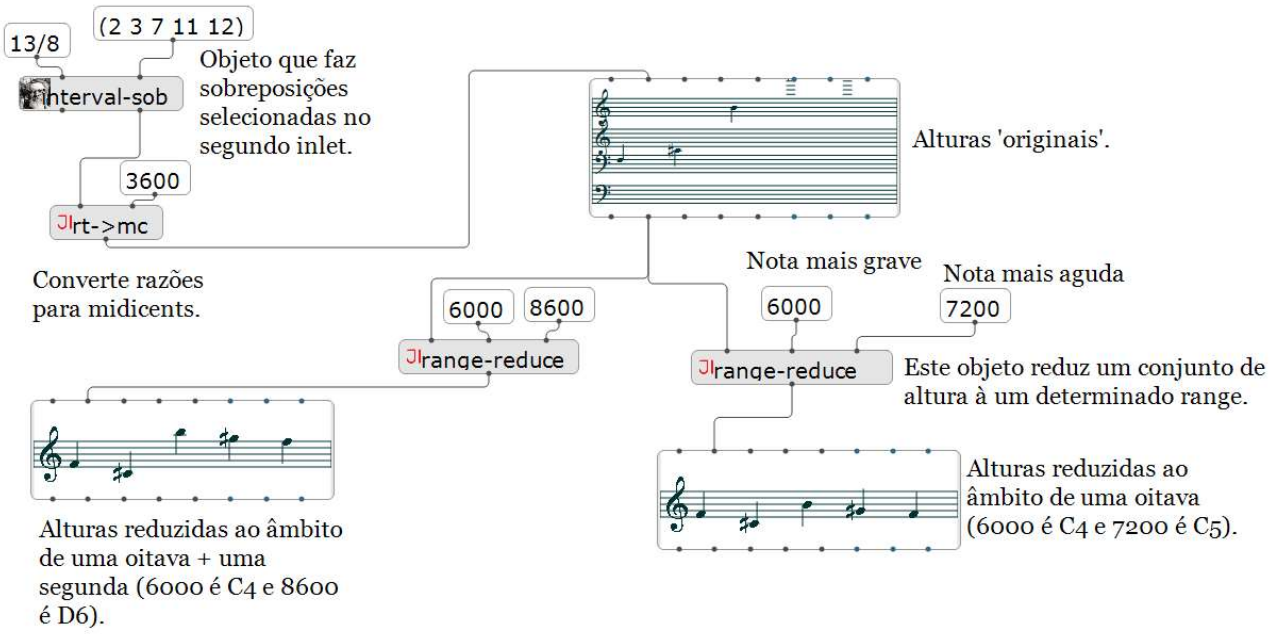


Figura 22 - Exemplo do objeto *range-reduce*. Imagem do autor.

Rt-octave: Responsável pela redução de razões para uma única oitava ou outro range. Este objeto faz o mesmo processo do *range-reduce* porém o faz utilizando as razões em vez dos midicents. É possível utilizá-lo para reduzir razões para o âmbito de 2, 3, ou outras oitavas. Para isso basta clicar no objeto, pressionar Alt + Seta (Windows) para o lado direito e colocar o número 2 para uma oitava (padrão), 4 para 2 oitavas, 8 para 3 oitavas e assim sucessivamente seguindo a série geométrica de 2 com fator 2.

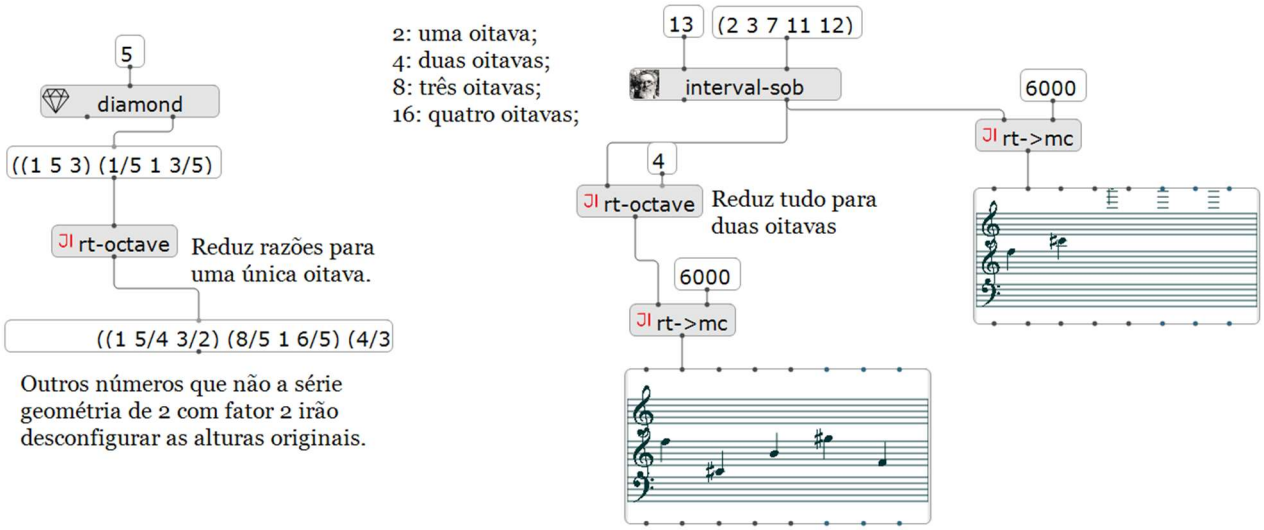


Figura 23 - Patch para a redução de oitava de intervalos Utonais.

Rt->mc: Responsável pela transformação de razões em midicents. No *inlet1* temos a lista de razões e no *inlet*2 temos a nota de referência para a construção das alturas.

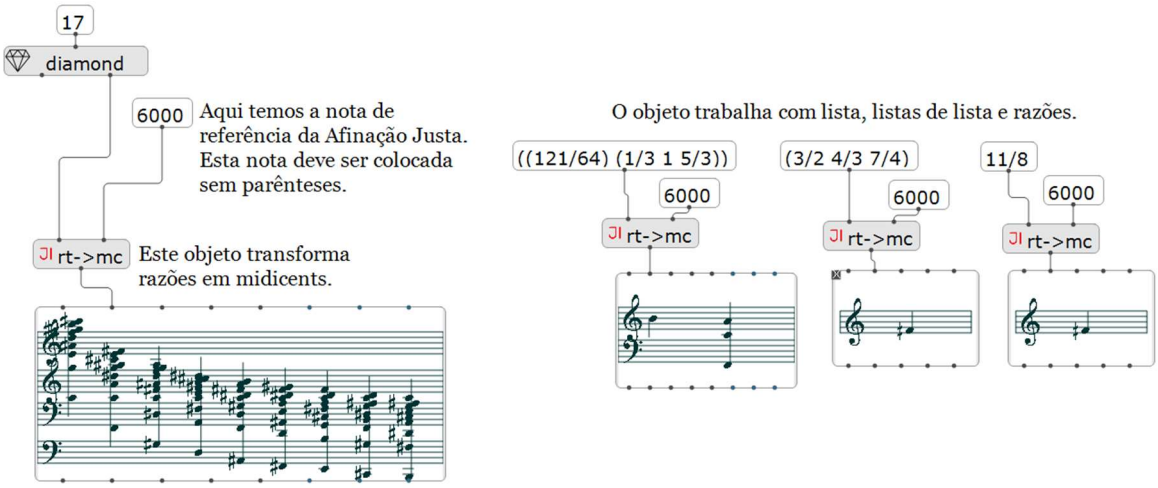


Figura 24 - Exemplo do objeto *rt->mc*. Imagem do autor.

cps->ratio: Transforma os dados de um CPS em razões multiplicando seus fatores (cf. figura 25).

cps->identity: Mostra as *identities* de um CPS segundo a teoria de Harry Partch (cf. figura 25).

***Prime-decomposition*:** Mostra a decomposição de um número por números primos. No outlet da direita temos a decomposição com equivalência de oitavas, ou seja, retiramos todos os números 2 da decomposição e no *outlet* da esquerda sem equivalência de oitavas (o resultado completo). Este objeto é útil para analisar as conexões harmônicas de números advindos de um crivo como demonstrado no capítulo 2.

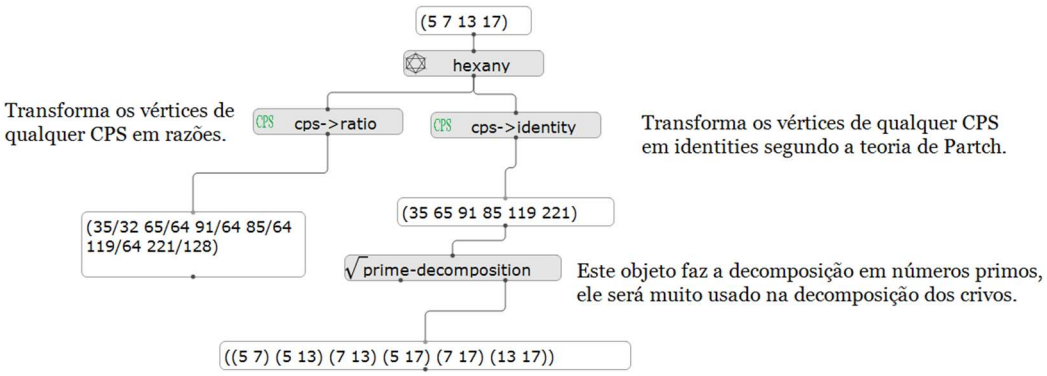


Figura 25 - Exemplo do cps->ratio e cps->identity.

Filter-ac-inst: Como o próprio nome sugere, este objeto é responsável por demonstrar, dentro de uma lista de notas, quais são as alturas possíveis de se tocar em um instrumento acústico levando em conta tratados como os da Barenreiter, que fornecem as digitações para a maioria dos quartos e oitavos de

tom. Este processo é baseado na ideia de *quasi-JI* demonstradas por Marc Sabat e Thomas Nicholson (NICHOLSON; SABAT, 2018). No objeto há três *inlet*'s: no primeiro colocamos a lista de notas de uma determinada estrutura (*esta lista não pode ser lista de listas*, caso haja lista de listas recomendamos o objeto *choose* ou o objeto *flat*). No segundo *inlet* colocamos qual será a tolerância em cents para que a altura passe pelo filtro. Por exemplo, caso haja, em uma afinação, a nota C4 +4¢ e este *inlet* esteja configurado como 5, o objeto passará C4 +4¢ pois considerará essa altura executável devido ao fato de ela estar dentro do *range* de tolerância selecionado. Caso o segundo *inlet* esteja configurado como 2, esta altura não será mostrada, pois a tolerância selecionada é de 2 cents e esta nota tem uma diferença de 4 cents a partir de um temperamento. No *inlet*3 temos a aproximação de qual temperamento será considerado (levando em conta que tratados com digitações normalmente apresentam diagramas para alguns temperamentos). Deste modo, neste *inlet*, 2 representa temperamento em semitons, 4 – quartos de tom, 6 – sextos de tom, 8 – para oitavos de tom e assim sucessivamente.

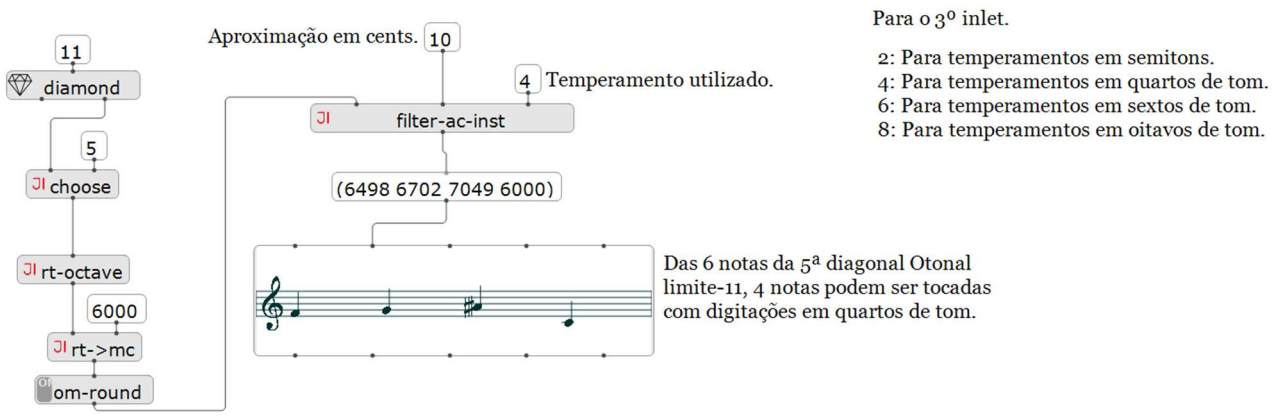


Figura 26 - Exemplo do uso do objeto *Filter-ac-inst*.

Modulation-notes: Este objeto foi pensado a partir da leitura da tese de doutorado de Daniel James Huey (2017) que se intitula *Harmony, Voice Leading, and Microtonal Syntax in Ben Johnston's String Quartet No. 5*. Nesta tese o autor afirma que notas em comum dentro de diferentes áreas de afinação são importantes para a modulação entre elas. No *inlet1* temos a primeira estrutura de Afinação e no *inlet2* a segunda, já no *inlet3* temos a tolerância para que as alturas sejam iguais. Se configurado como 8, como na figura 27, este objeto mostrará as alturas das duas estruturas de afinação que são diferentes por menos de 8 cents para mais ou menos. No exemplo abaixo há uma demonstração da intenção de modular de um MOS para uma Tonalidade-Diamante.

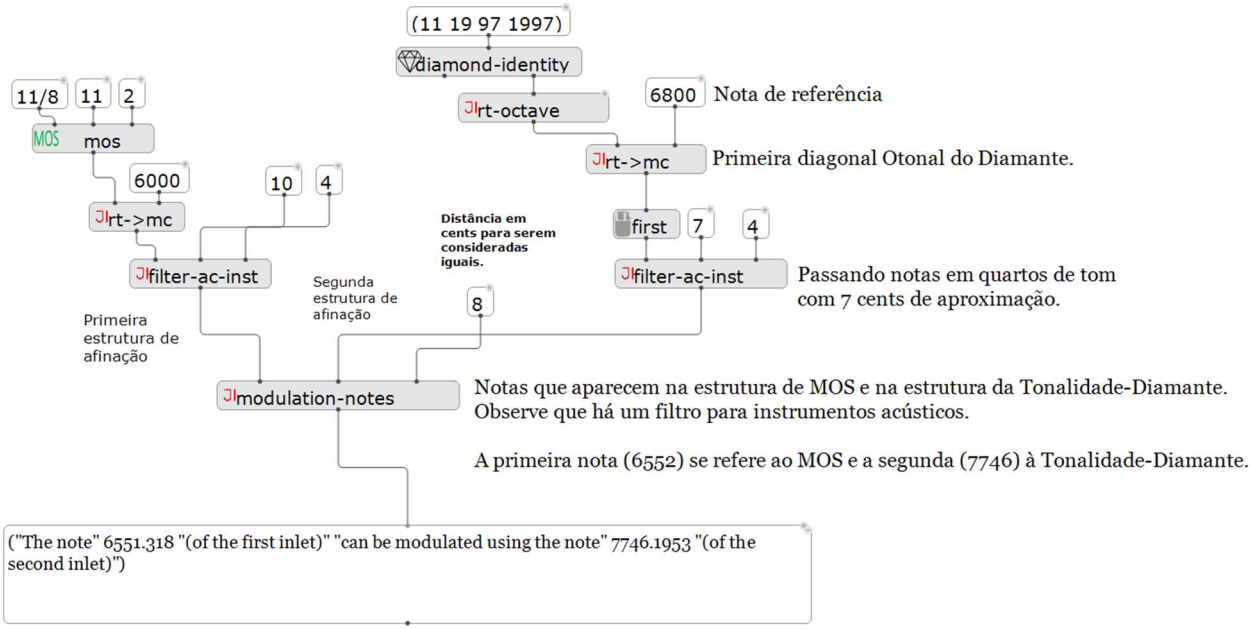


Figura 27 - Modulação por notas iguais estruturas de Afinação diferentes. Imagem do autor.

Além da inspiração no trabalho de Huey (2017), este processo se aproxima da invariância que Straus (2013, p. 145) define como "qualquer qualidade musical ou relação preservada quando uma série é transformada", neste caso readaptado para: qualquer altura preservada quando a área de Afinação é alterada. Nosso objetivo com este processo é construir maior diversidade harmônica (no uso de diferentes alturas/afinações) sem recorrer à organização temperada e ao mesmo tempo não utilizar estruturas de Afinação Justa com executabilidade complicada (através do objeto *filter-ac-inst*).

Modulation-notes-fund: Este objeto mostrará as notas que serão iguais caso haja mudança das notas de referência da segunda estrutura de afinação (*inlet* 2). Os *inlet*'s 1, 2 e 3 seguem as mesmas instruções que os *inlet*'s do objeto *modulation-notes*. No *inlet* 4 devemos dizer se o objeto levará em conta possíveis fundamentais nas notas temperadas em semitom (2), quarto de tom (4), oitavo de tom (8), etc. Este processo nos auxilia na decisão de uma fundamental nos baseando em alturas que serão iguais em estruturas diferentes. Por exemplo, se a obra *Arabesque | 19 11 97* tivesse sido composta após a implementação deste objeto (as estruturas harmônicas estavam decididas antes) veríamos, por exemplo, que a estrutura de Ben Johnston teria mais notas em comum com a estrutura de Partch caso sua fundamental fosse em E, C♯-50¢, C♯+50¢ ou E+50¢ e não em C♯ como optamos na composição da obra. Pois com essas fundamentais teríamos 3 notas em comum com a estrutura de Partch enquanto

que em C♯ temos somente uma nota em comum. Abaixo demonstramos o *patch* que visa comparar estruturas e mostrar quantas vezes uma mesma alteração aparece.

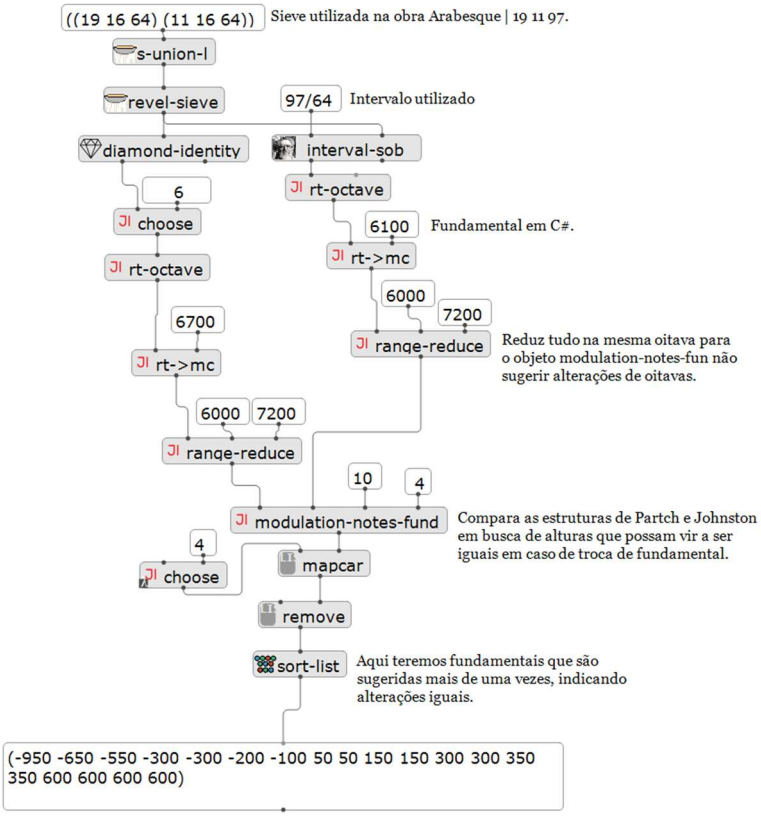
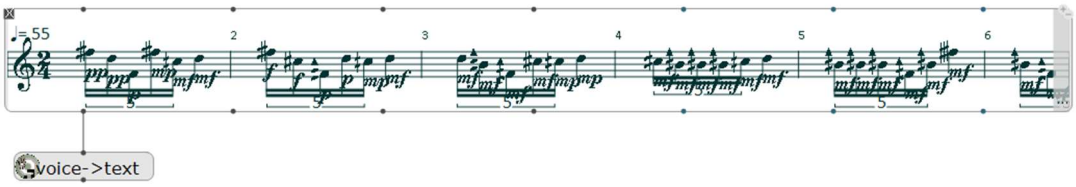


Figura 28 - Patch utilizado para comparar estrutura de Partch e Johnston.

***voice->text*:** Este objeto não está necessariamente ligado à manipulação de alturas, mas à sua reprodução e incorporação no Max/MSP no constante à construção da parte eletrônica. Ele é responsável por converter os dados de uma partitura no OM# para dados de um *coll* no Max/MSP. Abaixo temos um exemplo desta construção, a sintaxe é a seguinte: *Milissegundos*, *Midicents*, *Velocity*, *Canal MIDI*, *Duração da nota*. Este objeto só foi implementado no OM#.




```
0 , 7855 30 9 217 ;
217 , 7406 40 9 217 ;
434 , 6500 50 9 218 ;
652 , 7855 60 9 217 ;
869 , 7238 70 9 217 ;
1086 , 7406 80 9 1090 ;
2176 , 7855 90 9 217 ;
2393 , 7303 100 9 217 ;
2610 , 6584 46 9 217 ;
2827 , 7406 51 9 218 ;
3045 , 7238 57 9 217 ;
3262 , 7406 62 9 1090 ;
4352 , 7406 68 9 217 ;
4569 , 7181 73 9 217 ;
4786 , 6584 79 9 217 ;
5003 , 7303 84 9 217 ;
5220 , 7238 56 9 218 ;
5438 , 7406 58 9 1089 ;
```

Figura 29 - Exemplo do objeto voice->text.

3.1.2. OBJETOS ESPECÍFICOS

Neste subcapítulo descreveremos os objetos utilizados para construir as teorias de Afinação descritas no capítulo 1. Em alguns casos há modificações para que as teorias cumpram desejos composicionais nossos.

3.1.2.1. A TONALIDADE DIAMANTE DE HARRY PARTCH

diamond: Este objeto constrói a Tonalidade-Diamante de Partch seguindo exatamente a teoria do compositor, na saída da esquerda temos as diagonais Utonais e na direita as Otonais. Para o Lisp (linguagem na qual o OM e OM# são construídos) 1/1, 3/3 e 5/5 são iguais a 1.

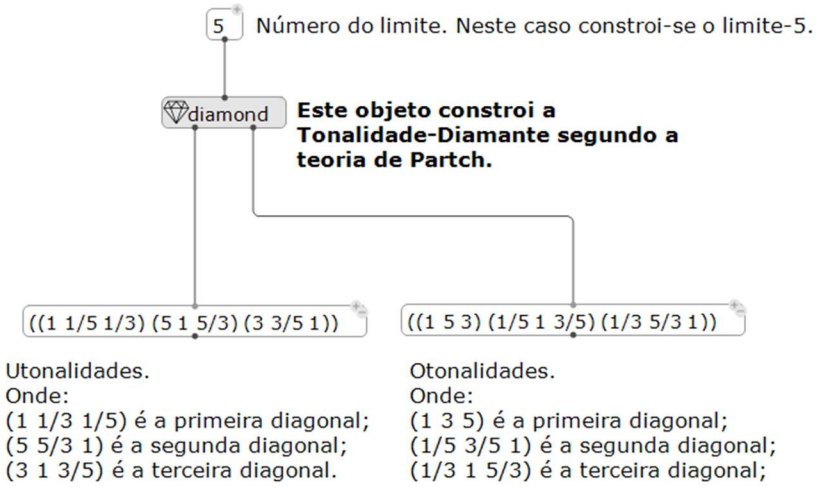


Figura 30 – Exemplo do objeto *diamond* construindo a Tonalidade-Diamante limite-5. Imagem do autor.

diamond-identity: Este objeto cria uma Tonalidade-Diamante a partir de *identities* que nos interessam em um processo composicional ou que são derivadas de um crivo. Sendo assim, em sua entrada não colocamos um limite e sim as *identities* que nos interessam.

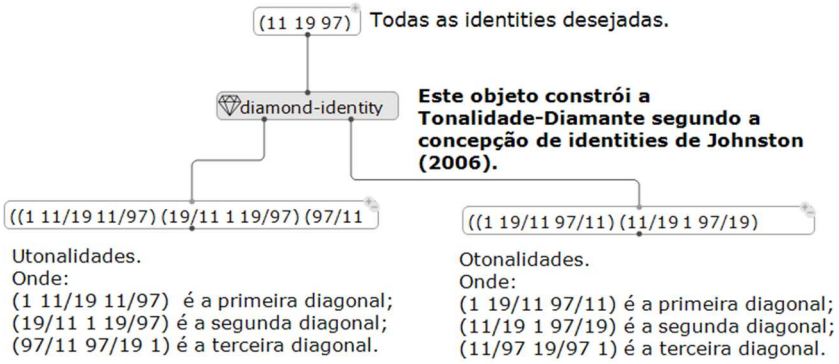


Figura 31 - Exemplo do objeto *diamond-identity* - Imagem do autor.

***chord-inverse*:** Este objeto inverte um acorde Utonal para um acorde Otonal e vice-versa. Por exemplo, com o acorde (1/1 16/9 8/5 16/11 4/3 8/7) na entrada este objeto resultará no acorde Utonal (1/1 9/8 5/4 11/8 3/2 7/4) assim como transformar (1/1 9/8 5/4 11/8 3/2 7/4) em (1/1 16/9 8/5 16/11 4/3 8/7). Veja o diamante abaixo, tanto o acorde em vermelho quanto o acorde em azul tem os mesmos intervalos, no entanto, no acorde em vermelho temos intervalos descendentes e no acorde em azul temos intervalos ascendentes. Em termos temperados, este objeto transformaria C4, E4, G4 em C4, A♭3, F3 e vice-versa.

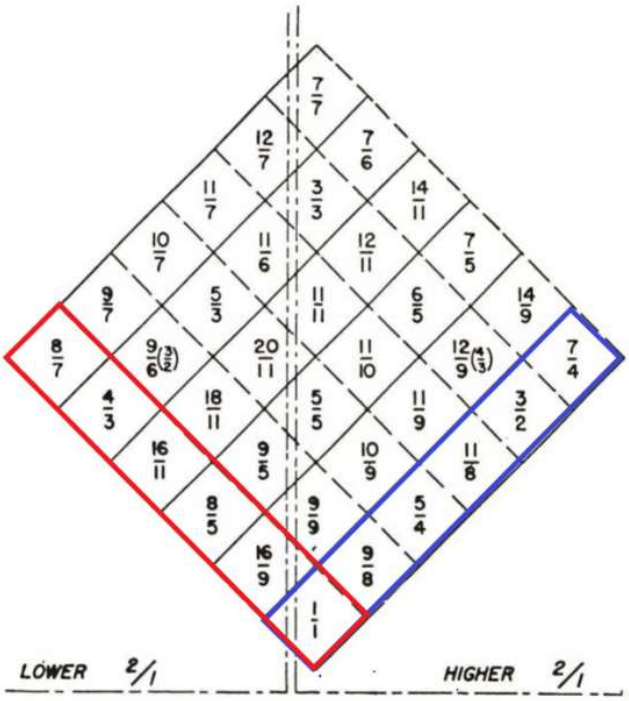


Figura 32 - Acordes inversos. Imagem do autor.

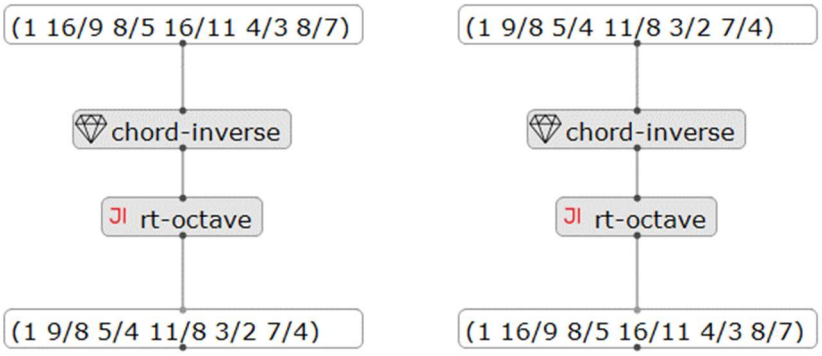


Figura 33 - Exemplo de inversão de acordes justos. Imagem do autor.

3.1.2.2. A SOBREPOSIÇÃO POR MÉDIA ARITMÉTICA DE BEN JOHNSTON

***arith-mean-sob*:** Tira a média aritmética de dois intervalos justos e a aplica ascendentemente para o intervalo inferior e descendentemente para o intervalo superior.

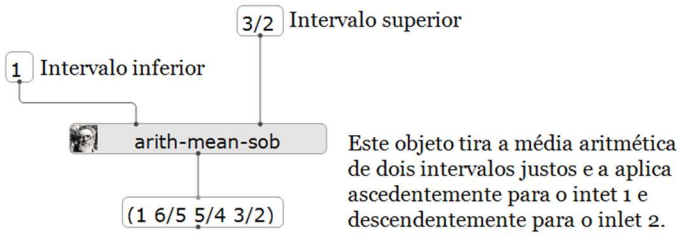


Figura 34 - Processo por média aritmética no OM. É o mesmo resultado mostrado na figura 9. Imagem do autor.

***Johnston*-sob:** Gilmore (1995, p. 477) sugerirá que o sistema de Johnston é resumível a uma sobreposição de intervalos justos acima e abaixo de uma fundamental, é isso que se constrói com o objeto *johnston-sob*. No primeiro *inlet* temos o intervalo a ser sobreposto, no segundo *inlet* quantos intervalos serão sobrepostos acima e abaixo (neste caso três intervalos para cima e três para baixo) e no terceiro *inlet* a nota de referência em midicents.

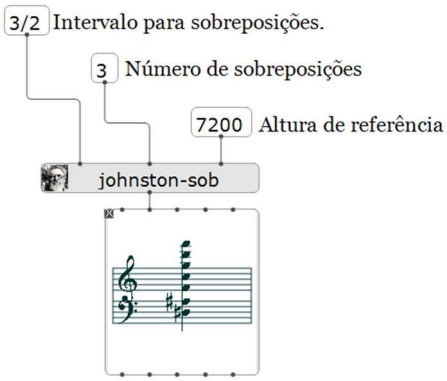


Figura 35 - Exemplo do objeto *johnston-sob*[53]. Imagem do autor.

***Interval*-sob:** Este objeto não faz parte da aplicação das teorias de Ben Johnston. Ele é a união de estratégias de Ben Johnston com os crivos de Iannis Xenakis. Nele temos a sobreposição que segue um crivo como demonstrado na figura 15, relembrando, a construção de estruturas verticais simétricas seguindo um crivo. Neste objeto temos no *inlet* 1 o intervalo a ser sobreposto e no *inlet* 2 algum crivo. Ele nos dará resultados simétricos sendo que no *outlet* da esquerda temos sobreposições descendentes e no *outlet* da direita temos sobreposições ascendentes.

[53] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 35*.

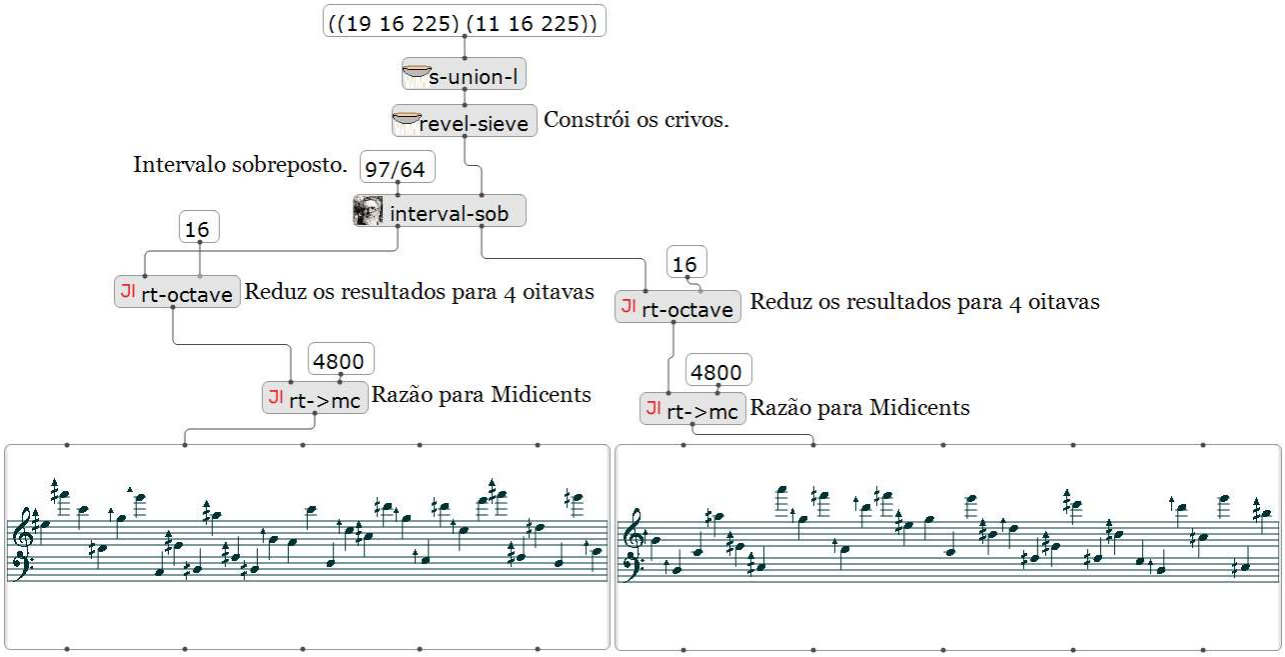


Figura 36 - Exemplo do objeto Interval-sob[54].

A título de curiosidade, abaixo implementamos o sistema de afinação empregado por Johnston nos quartetos no. 2 e no. 3 (JOHNSTON, 2006, p. 10-31) utilizando os objetos demonstrados. Perceba que Johnston afirma que ele sobrepõe (do inglês *stacking*) as razões até que elas se sobreponham (do inglês *overlap*) ou sejam próximas. Essa decisão depende do que Johnston entendia por sobreposição (*overlap*), ou seja, quando as notas teriam a mesma afinação. Em nosso *patch*, não incluímos essa função de decisão, porém perceba que os resultados são similares ao sistema apontado por Johnston (2006), sendo que se difere por ter algumas sobreposições a mais (o nosso sistema contém 70 notas) (cf. Figura 37 e 38).

[54] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 36*.

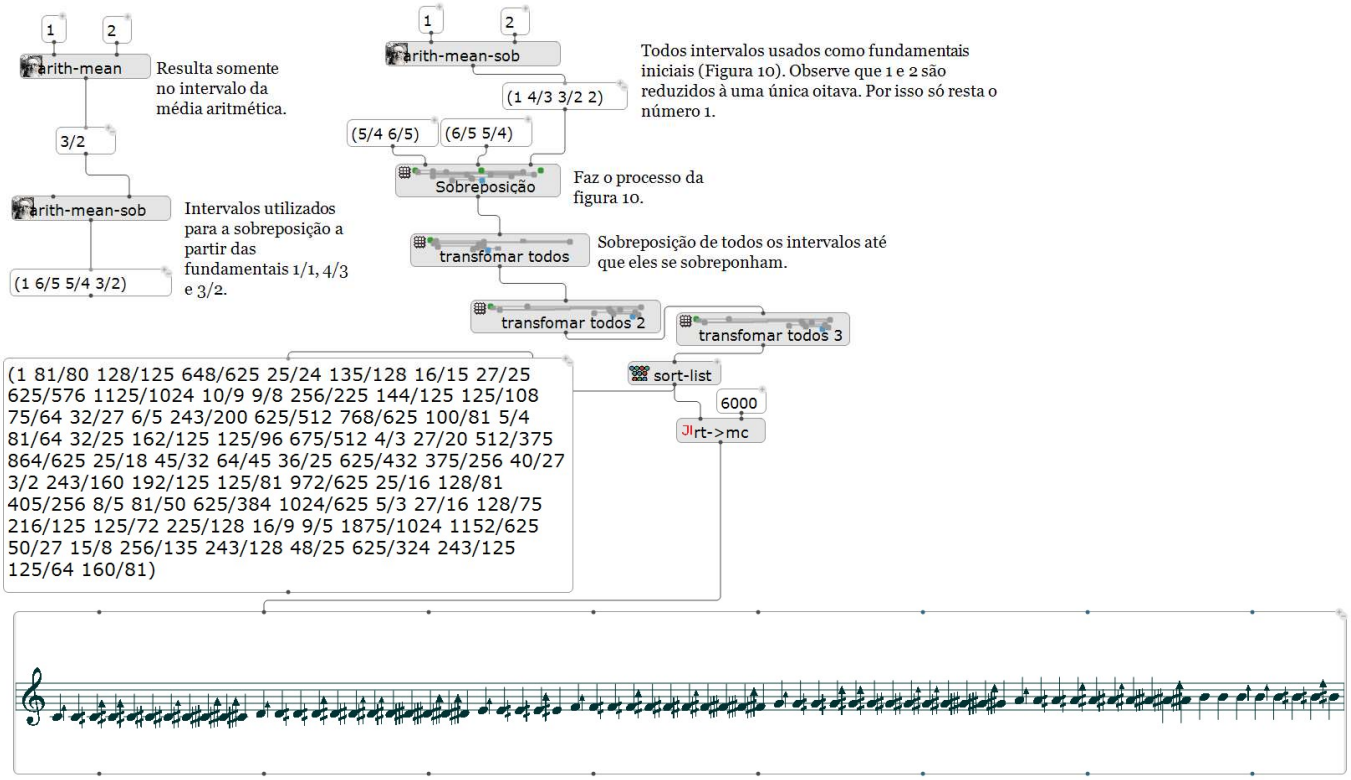


Figura 37 - Construção do sistema de afinação utilizado nos quartetos no. 2 e no. 3[55].

C	C+	Dbb-	C#	C#+	Db-	Db	Cx+	D-	D	D+	Ebb	D#	
1/1	81/80	128/125	25/24	135/128	16/15	27/25	1125/1024	10/9	9/8	729/640	144/125	75/64	
ab	a	abbc	ab	a	ab	abbc	a	ab	ab	a	abbc		
(D#)	Eb-	Eb	Dx	E-	E	E+	Fb	E#	F-	F	F+	Gbb-	F#	F#+
(75/64)	32/27	6/5	625/512	100/81	5/4	81/64	32/25	125/96	320/243	4/3	27/20	512/375	25/18	45/32
a	ab	abbc	a	ab	ab	a	abbc	a	ab	ab	a	abbc	ab	
(F#+)	Gb-	Gb	Fx+	G-	G	G+	Abb	G#	Ab-	Ab	Gx	A-	A	A+
(45/32)	64/45	36/25	375/256	40/27	3/2	243/160	192/125	25/16	128/81	8/5	625/384	400/243	5/3	27/16
a	ab	abbc	a	ab	ab	a	abbc	a	ab	abbc	a	ab	ab	
(A+)	Bbb-	A#	A#+	Bb-	Bb	Ax+	B-	B	B+	Cb	B#	C-	C	
(27/16)	128/75	125/72	225/128	16/9	9/5	1875/1024	30/27	15/8	243/128	48/25	125/64	160/81	2/1	
a	abbc	ab	a	ab	abbc	a	ab	ab	a	abbc	a	ab		

Figura 38 - Sistema de Afinação de 53 notas por oitavas (JOHNSTON, 2006, p. 27).

3.1.2.3. MOMENT OF SYMMETRY DE ERV WILSON

[55] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 37*.

***mos*:** Ele sobrepõe intervalos uma determinada quantidade de vezes. Na figura abaixo, sobrepõe-se o intervalo 4/3 11 vezes utilizando um range de oitava (intervalo representado pelo número 2).

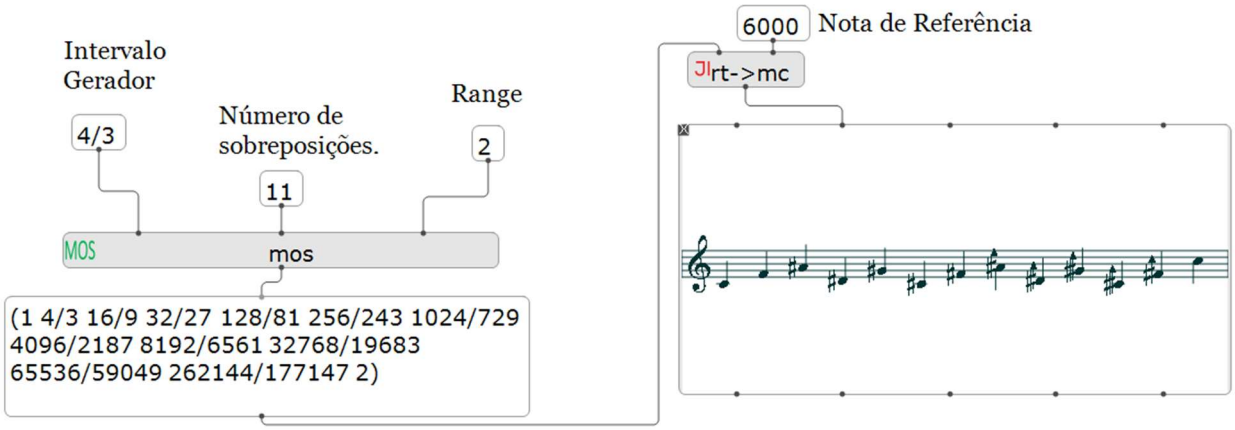


Figura 39 - Uso do objeto mos. Imagem do autor.

***Mos-verify*:** Para verificar se uma determinada sobreposição é um MOS ou não, foi desenvolvido o objeto *mos-verify* que verifica se há somente dois intervalos numa sobreposição ou não. Se houver somente dois intervalos o objeto mostra sua estrutura interna. Como dito acima, *s* para intervalos pequenos e L para intervalos grandes.

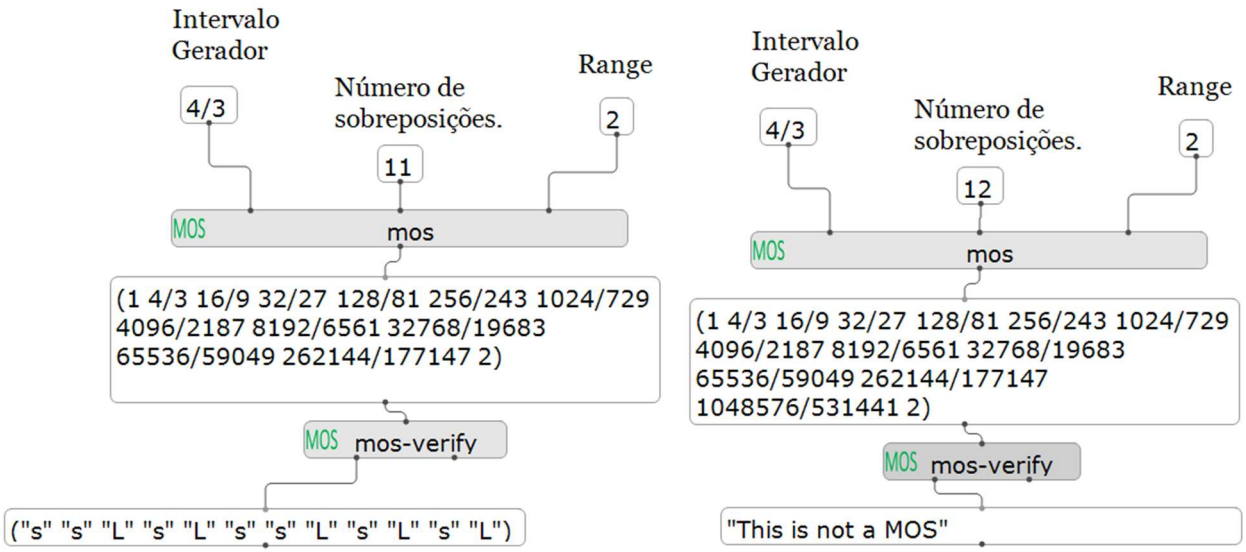


Figura 40 - Exemplo do objeto mos-verify. Imagem do autor.

***Mos-check*:** É possível rapidamente calcular quais são os MOS de um determinado intervalo para um determinado número de sobreposições. Deste modo sabemos que 1, 2, 4, 6, 11 e 16 são sobreposições possíveis para o intervalo de 4/3 ser um MOS. Para isso, no *inlet* 1 do objeto temos o intervalo que

será testado (4/3), no *inlet* 2 temos o número da maior sobreposição – no exemplo abaixo, o objeto testará todas as sobreposições de 1 até 23. No *inlet* 4, optamos por expandir a ideia inicial de Wilson, pois poderemos escolher se queremos somente dois intervalos – seguindo a teoria de Wilson no qual há um intervalo pequeno (s) e um intervalo grande (L) – ou outras quantidades de intervalos. Observamos que, na maioria dos testes feitos, encontra-se somente sobreposições com dois ou três intervalos.

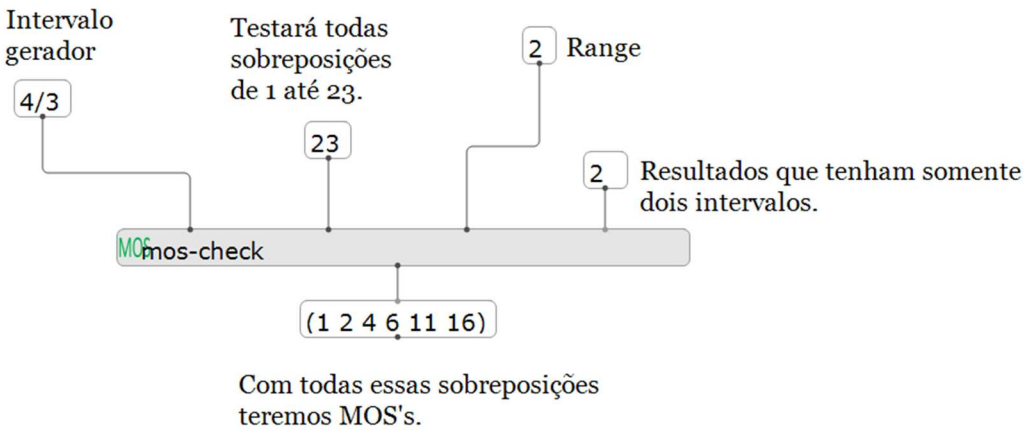


Figura 41 - Exemplo do objeto mos-check. Imagem do autor.

***Mos-complementary*:** Há ainda a implementação do que é chamado de *princípio de complementaridade*[56] (BURT, 2007, p. 48–9). Este princípio se caracteriza por uma sobreposição de dois intervalos que juntos formam uma oitava (2/1) ou qualquer outro módulo previamente escolhido. Por exemplo, ao utilizarmos o intervalo 10/9 com o módulo de 2/1 temos o intervalo de 9/5 (2/1 ÷ 10/9) como complementar. Ao sobrepor o intervalo 10/9 ao intervalo 9/5 temos uma oitava (2/1), por isso 9/5 é complementar de 10/9 no módulo de oitava (2/1).

O primeiro requisito para o princípio de complementaridade é ambas escalas serem um MOS. E quando o são, consideramo-las complementares se suas estruturas intervalares são inversas. Por exemplo, tendo 2/1 como módulo, e utilizando o intervalo 10/9 e seu complementar 9/5, ao reduzir 12 sobreposições ao intervalo de uma oitava (4º *inlet*) teríamos o seguinte resultado de MOS's: sLsLsLsLsLsLL para o intervalo de 10/9 e LLsLsLsLsLsLs para o intervalo 9/5, perceba que ambos as estruturas intervalares são espelhadas entre si, por isso complementares.

[56] Observe que o sentido da palavra *complementariedade* e *complementar* é totalmente diferente do apresentado anteriormente no capítulo 2, na página 42.

Estrutura do MOS sobre o intervalo 10/9	sLsLsLsLsLsLL	Estrutura *repetida*	sLsLsLsLsLsLL
Estrutura do MOS sobre o intervalo 9/5	LLsLsLsLsLsLs	Estrutura *invertida*	sLsLsLsLsLsLL

Tabela 6 - Exemplo da inversão de um dos MOS complementar. Tabela do autor.

Observamos ainda que em ambos MOS o intervalo menor é igual a 74¢ e o maior é igual a 108¢. Da mesma forma, notamos que o processo automatizado leva ao (à) compositor(a) a possibilidade de processar uma quantidade de dados enorme, descobrindo MOS complementares que estão ocultos em meio a infinitas sobreposições intervalares.

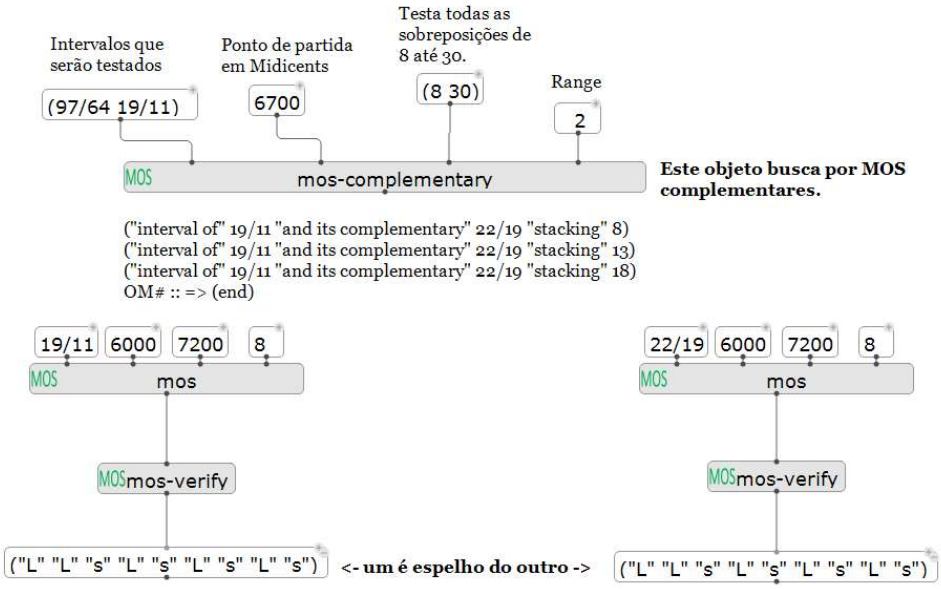


Figura 42 - Exemplo de patch que calcula o princípio de complementaridade. Imagem do autor.

3.1.2.4. COMBINATION PRODUCT SET DE ERV WILSON

***hexany*:** Constrói o Hexany de Erv Wilson. Nele temos somente uma entrada na qual deve-se colocar somente 4 harmônicos – para facilitar o uso, colocamos um aviso caso o (a) usuário(a) deste objeto coloque mais de 4 harmônicos nesta entrada.

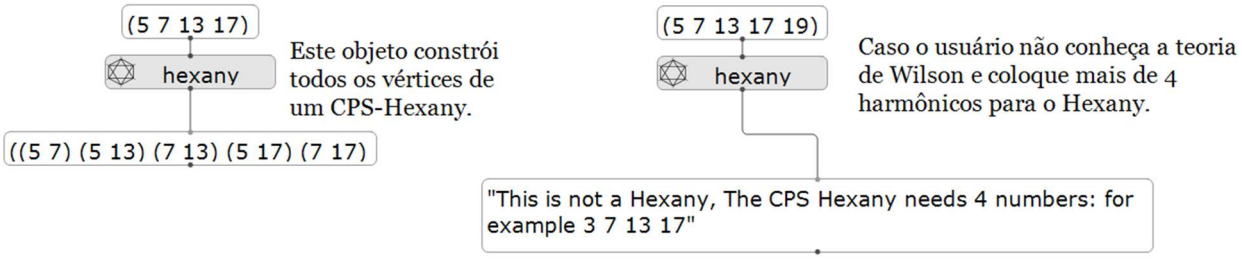


Figura 43 - Exemplo do objeto *hexany*. Imagem do autor.

hexany-connections: Como dito acima, Wilson atribui conexões aos vértices que compartilham harmônicos em comum. Por exemplo, a razão 105/64 (5 21) e 273/256 (13 21) terão seus vértices conectados por compartilharem o harmônico 21. Este objeto mostra essas conexões. Se quisermos saber as conexões do intervalo (5 13) colocamos no *inlet* 1 (5 13) e no *inlet* 2 o resultado do objeto *hexany*. Observe que (5 13) é um dos intervalos que fazem parte do Hexany (5 7 13 17). Para seguir a teoria de Erv Wilson é necessário que sejam usados harmônicos que estão dentro do CPS em questão.

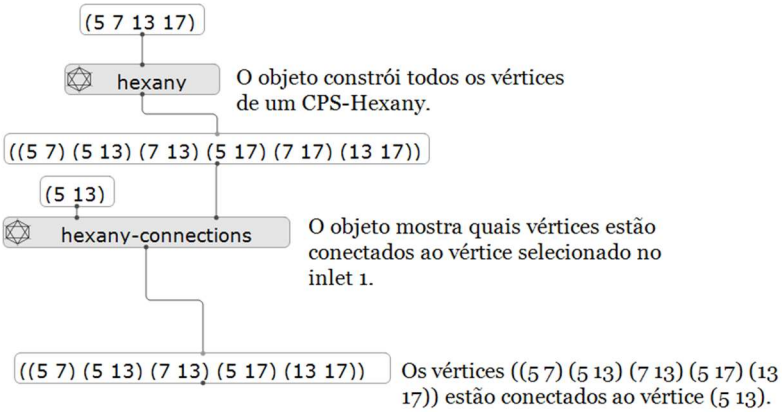


Figura 44 - O objeto hexany-connections. Imagem do autor.

A partir desse objeto sabemos que os harmônicos 5 e 13 têm conexão com as seguintes razões: 35/32 (5 7), 65/64 (5 13), 91/64 (7 13), 85/64 (5 17) e 221/128 (13 17).

hexany-triads: Este objeto constrói as tríades no Hexany, no *inlet1* devem ser colocados 4 harmônicos, assim como no objeto *hexany*. Observe que do lado esquerdo temos as tríades sub-harmônicas (91/64 119/64 221/128), (65/64 85/64 221/128), (35/32 85/64 119/64) e (35/32 65/64 91/64) e do lado direito temos as tríades harmônicas (35/32 65/64 85/64), (35/32 91/64 119/64), (65/64 91/64 221/128) e (85/64 119/64 221/128).

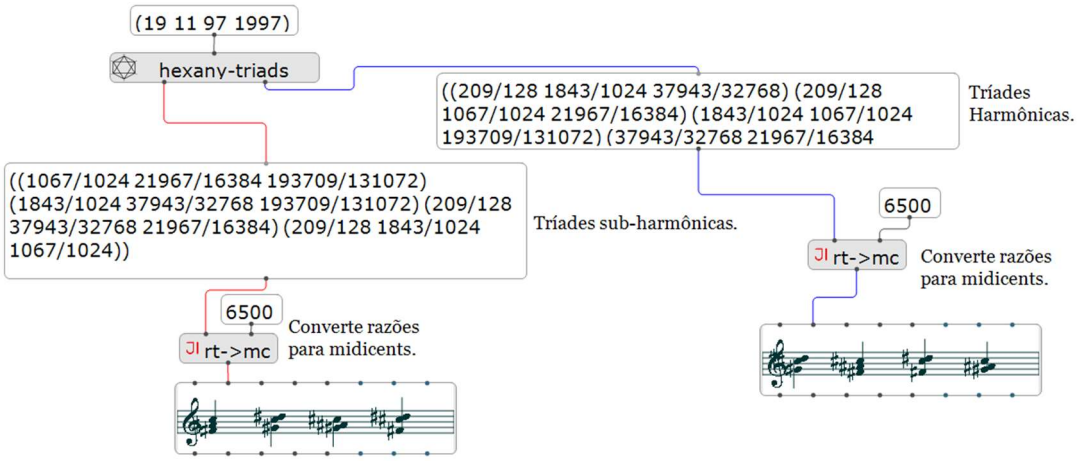


Figura 45 - Exemplo do uso do objeto hexany-triads[57]. Imagem do autor.

***eikosany*:** Constrói o CPS Eikosany. Da mesma forma que o objeto *hexany*, este objeto possui somente um *inlet*, porém aqui devemos colocar 6 harmônicos.

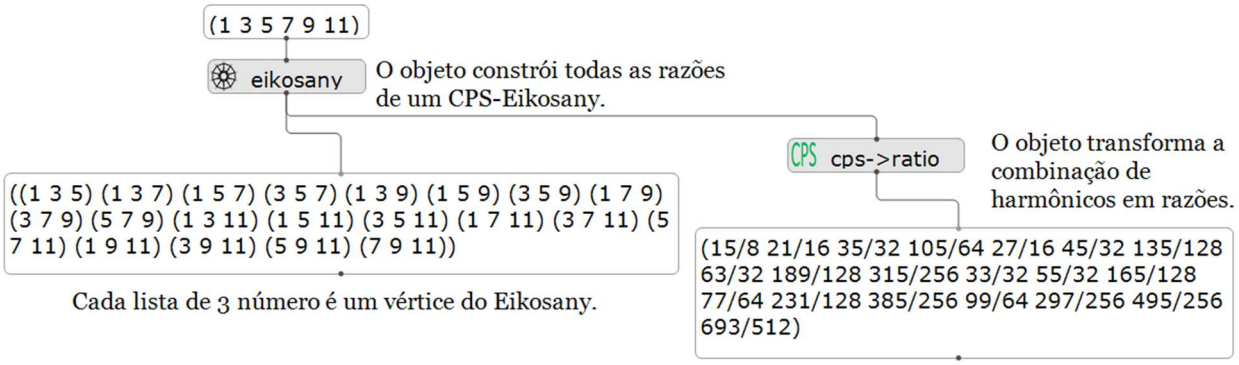


Figura 46 - Exemplo da construção do Eikosany no OM.

eikosany-connections: Com este objeto podemos visualizar as conexões entre os intervalos de um Eikosany.

[57] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 45*.

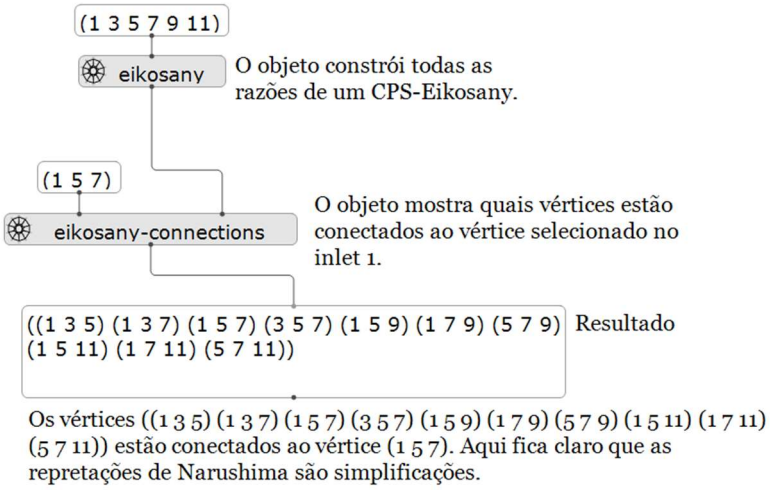


Figura 47 - O objeto eikosany-connections. Imagem do autor.

***eikosany-triads*:** Este objeto constrói as tríades do Eikosany. No *outlet* da esquerda temos as tríades sub-harmônicas e no *outlet* da direita temos as tríades harmônicas. No seu único *inlet* devem ser colocados 6 harmônicos.

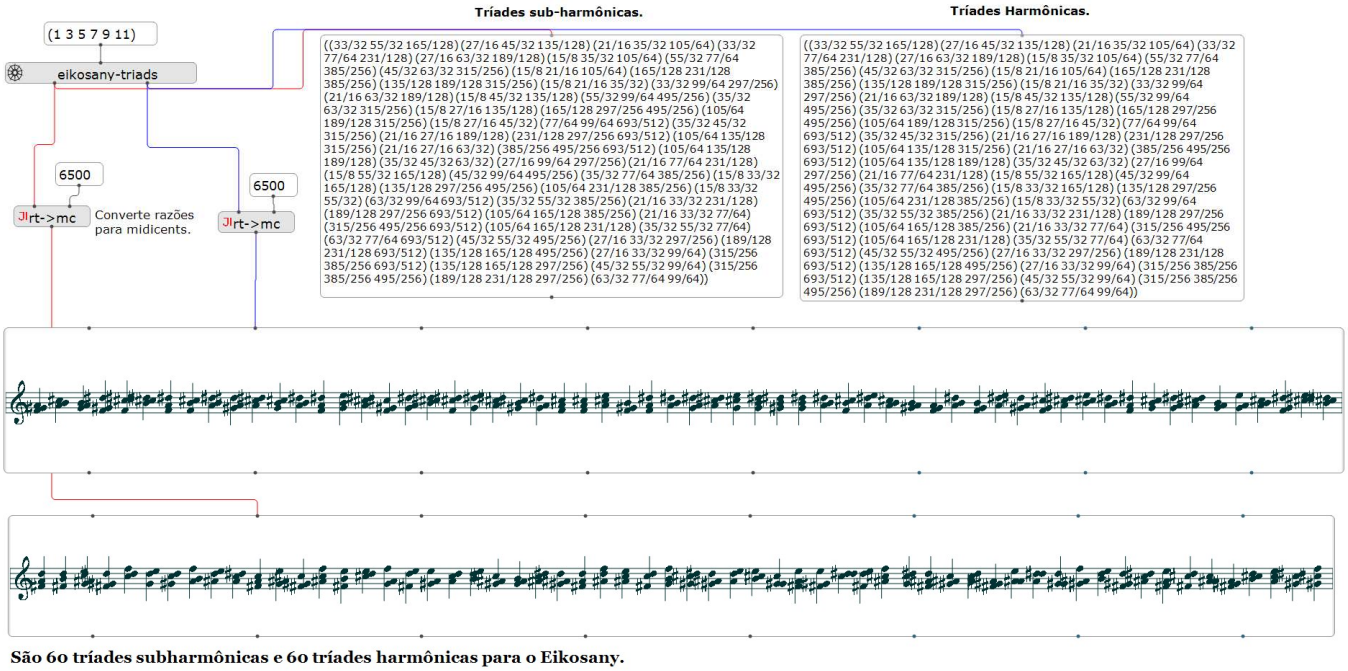


Figura 48 - A construção de tríades no Eikosany[58].

[58] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 48 – tríades harmônicas* e *Figura 48 – tríades sub-harmônicas*.

eikosany-tetrads: Constrói as tétrades do Eikosany. No *outlet* esquerdo deste objeto temos as tétrades sub-harmônicas e no *outlet* direito temos as tétrades harmônicas.

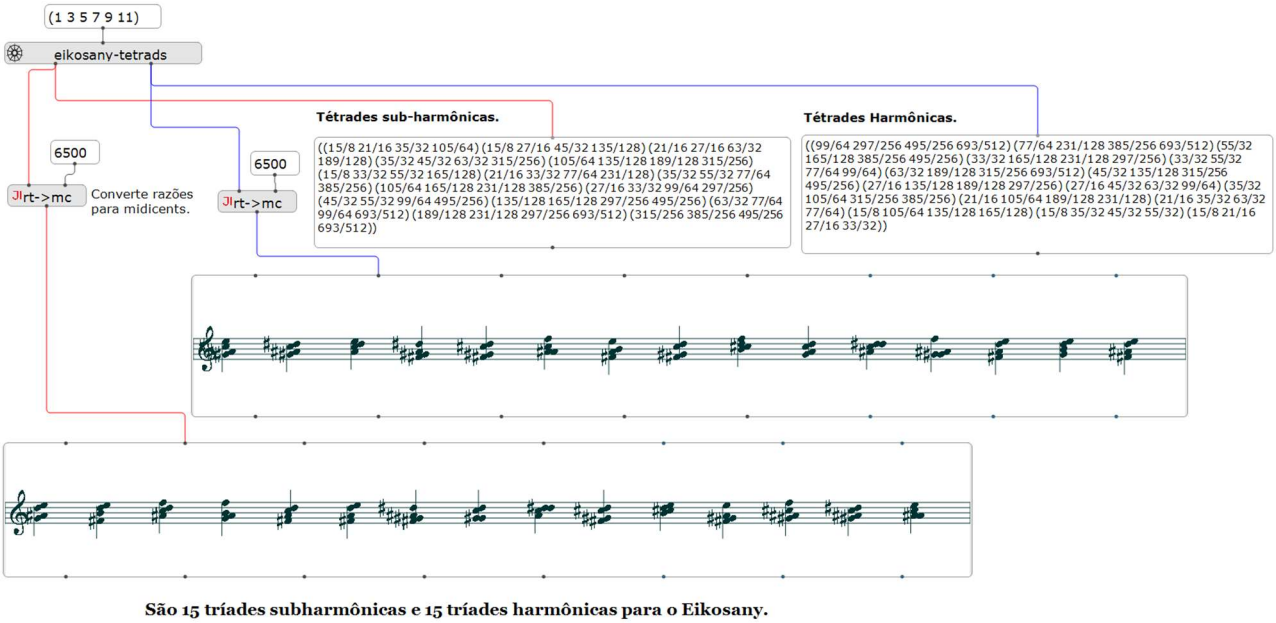


Figura 49 - Exemplo das Tétrades do Eikosany no OM[59]. Imagem do Autor.

Concluímos aqui a exposição dos objetos da OM-JI, em seguida veremos a biblioteca OM-Sieves.

3.2. IMPLEMENTAÇÃO DOS CRIVOS NO OPENMUSIC

A biblioteca aqui descrita visa complementar as implementações dos crivos (sieves, cribles) por Moreno Andreatta e Carlos Agon no OpenMusic via *mathtools*. Porém decidimos alterar os nomes dos objetos de modo que tudo fique em inglês, logo os nomes *cribles* (crivos no francês) foram alterados para *sieve* no inglês. Além de complementar o *mathtools* na área específica das *sieves* (crivos) tornamos essas ferramentas uma biblioteca separada, focada nos crivos e, indiretamente, na música de Iannis Xenakis. Acreditamos que dessa forma fica mais evidente, ao (à) compositor(a) interessado(a), o que essa biblioteca se propõe a fazer. Em nosso próprio uso do OpenMusic, demoramos a descobrir que as *sieves* de Xenakis (*sieves* pela leitura de artigos em inglês, a maioria que trata deste assunto) era implementada no OpenMusic com o nome de *crible*. Em nossa

[59] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 49*.

intervenção implementamos os processos descritos por Ariza (2005), principalmente os utilizados em análises musicais, decomposição de um crivo em uniões, além de construir objetos com objetivo de facilitar a construção de crivos (*sieves*).

O capítulo *Objetos Gerais* foca nos objetos desenvolvidos por Moreno Andreatta e Carlos Agon, que são exatamente quatro, sendo estes a base de nossas implementações, já no capítulo *Objetos Específicos* focamos nos objetos desenvolvidos no decorrer da pesquisa e da composição.

3.2.1. OBJETOS GERAIS

***sieve*:** O objeto *sieve* faz o próprio crivo. Ele é responsável por dizer qual é o ponto de partida, qual a unidade somatória e o limite. Dele obtemos um *self*. O *self* em si não é um resultado, mas um processo. Ou seja, do objeto *sieve* obtemos somente como fazer o crivo e não o próprio crivo.

***s-union*:** No *s-union* podemos unir dois ou mais crivos. Assim como o objeto *sieve*¸ este objeto resulta em um *self* e não em um resultado propriamente dito.

***s-intersection*:** O *s-intersection* faz a intersecção de um ou mais crivos. Este objeto também resulta em um *self*.

***s-complement*:** Este objeto faz a complementação de um crivo, também resulta em um *self*. Ou seja, se temos um crivo de 16 até 32 com o seguinte resultado (16 19 23 25 28 30 31) obteremos todos os números de 16 até 32 que não fazem parte do crivo (16 19 23 25 28 30 31). Salientamos que neste objeto alteramos a implementação de Andreatta e Agon. Na implementação deles este objeto resultaria, com o mesmo crivo acima, em todos os números de 0 até 32 e não de 16 até 32. Em nossa concepção esse limite inferior é importante, portanto, alteramos a implementação de modo que o objeto *s-complement* considere também o limite inferior.

***Revel-sieve*:** Este objeto é responsável por transformar os vários *selfs* dos objetos acima em números, ele faz a tradução de *self* para uma lista de números sendo necessário ao final de toda cadeia de processamento de construção de um crivo.

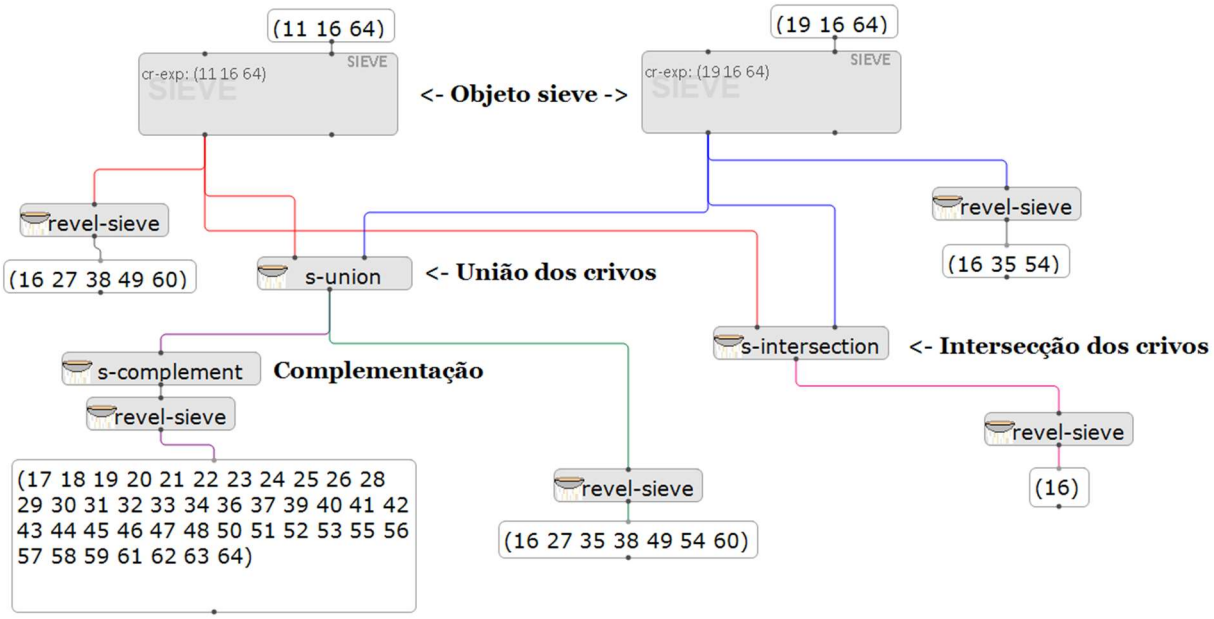


Figura 50 - Exemplo dos objetos básicos para os crivos de Iannis Xenakis. Imagem do autor.

3.2.2. OBJETOS ESPECÍFICOS

s-union-l: Este objeto constrói uma união de crivos a partir de um único objeto, com ele não é necessário criar e conectar vários objetos, facilitando a construção musical, em termos diretos, gastar menos tempo conectando objetos e deixar o meu processo de criação (minha interação com o software) mais rápida e prática. Abaixo temos o exemplo da comparação da construção do mesmo crivo, o da esquerda a partir dos objetos por Carlos Agon e Moreno Andreatta e a direita a partir de nossos objetos, observe que há somente dois crivos no exemplo, com 60 crivos teríamos que usar 60 objetos *cribles* no *mathtools* mas continuaríamos somente com *um* objeto na OM-Sieves.

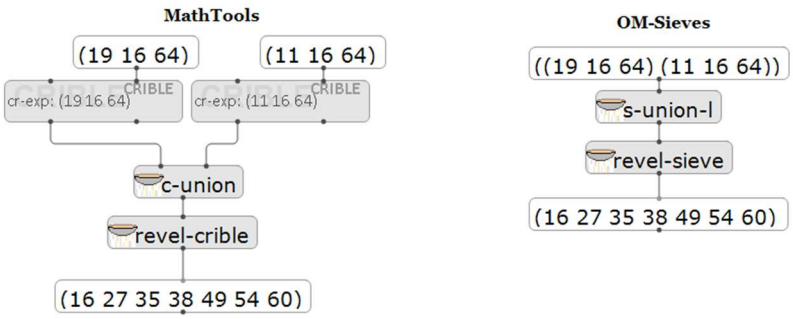


Figura 51 - Objeto *s-union-l*. Imagem do autor.

***s-intersection-l*:** Este objeto constrói a intersecção de crivos a partir de um único objeto. O objetivo dele é o mesmo que o *s-union-l*.

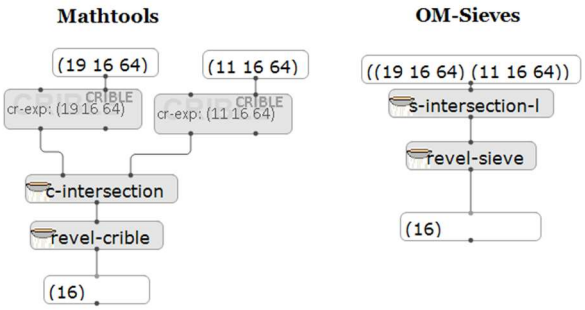


Figura 52 - Objeto s-intersection-l. Imagem do autor.

***s-perfil*:** Este objeto é responsável por mostrar o perfil de um crivo. Diferente de todos os objetos, ele lida diretamente com o crivo, não sendo necessário o objeto *revel-sieve.*

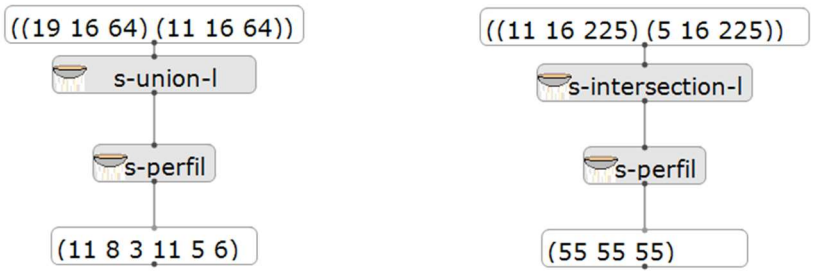


Figura 53 - Objeto s-perfil. Imagem do autor.

***s-decompose*:** Este objeto implementa o conceito exposto em Ariza (2005) descrevendo um crivo a partir das uniões necessárias para sua construção. Por exemplo, se estamos analisando uma peça e descobrimos que temos um crivo com os seguintes números: (3 23 33 47 63 70 71 93 95 119 123 143 153 167 174 183 191 213 215 239 243 263 273 278 287 303 311 333 335 359 363 382 383 393 407 423 431 453 455 479 483 486), quais foram os crivos utilizados para construir essa cadeia de números? Essa é a pergunta que o objeto *s-decompose* responde.

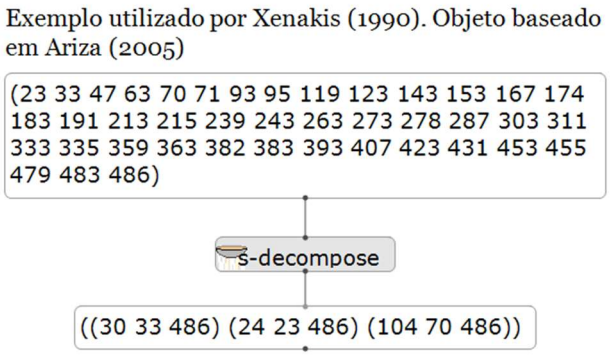


Figura 54 - Objeto s-decompose. Imagem do autor.

Esse objeto também é útil, dentro de nosso processo, para dar as informações necessárias para criar simetrias a partir de processos randômicos. No exemplo abaixo, temos um *patch* que busca, em um conjunto de números aleatórios de 16 a 128, aquele conjunto que pode ser representado pela união de 3 ou menos crivos.

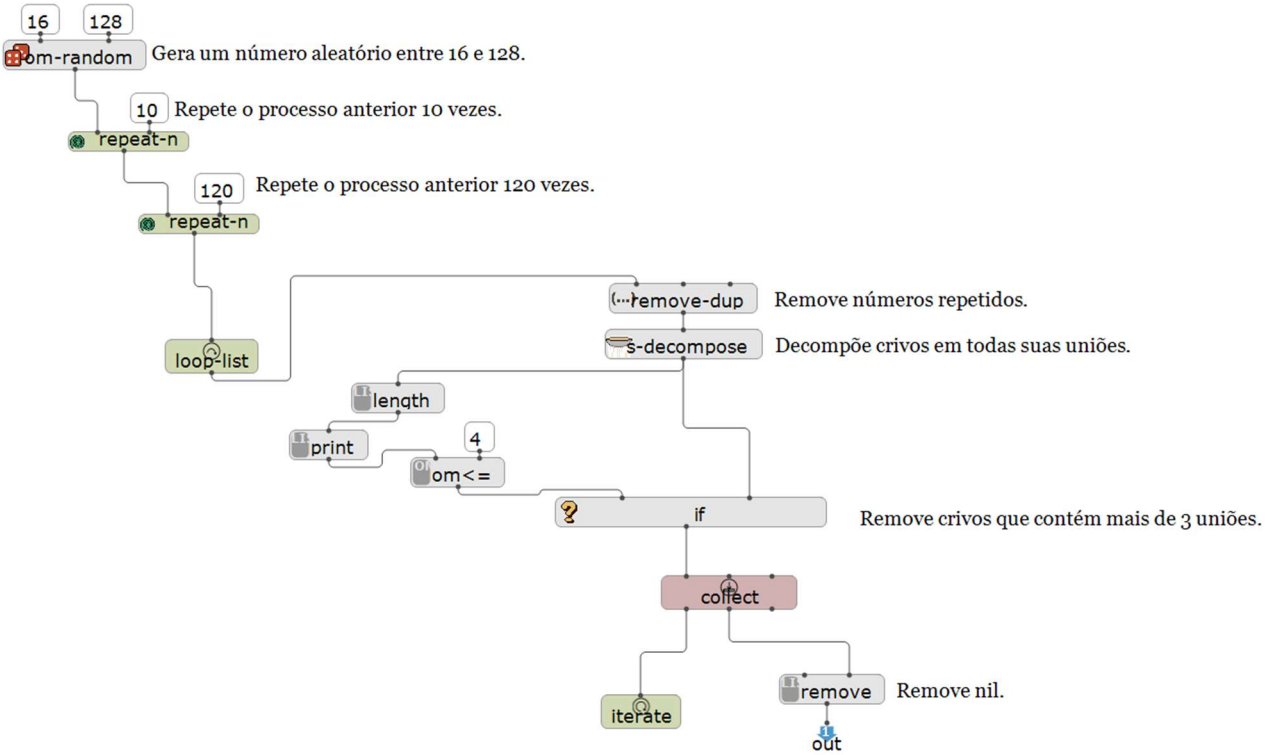


Figura 55 - Gera crivos a partir de números aleatórios. Imagem do autor.

s-symmetry-perfil: Este objeto busca por perfis simétricos (palíndromos) em um determinado espectro de limites. No exemplo abaixo buscaremos simetrias entre limites que vão de 25 até 500 na

união dos crivos 11_{16} e 19_{16}. Na primeira entrada temos os crivos que serão utilizados sem o limite, na segunda o menor e o maior número de todos os limites testados (testará todos os limites de 25 até 500) e na terceira entrada se estamos trabalhando com união ou intersecção dos crivos do primeiro *inlet*, devemos clicar no terceiro *inlet* para mudar as opções ou colocar 1 para união e 2 para intersecção.

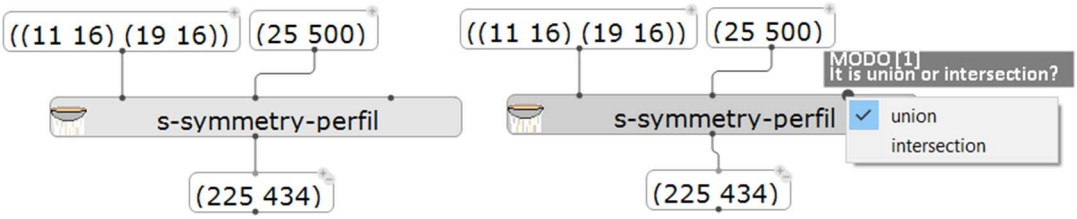


Figura 56 - Objeto *c-symmetry-perfil*. Imagem do autor.

***s-limite*:** Este objeto constrói crivos permitindo trocar o limite. Na primeira entrada temos a Unidade Somatória e o Ponto de Partida de cada crivo separado em listas, na segunda entrada temos o limite que será utilizado e na terceira se será realizado o processo de união ou intersecção.

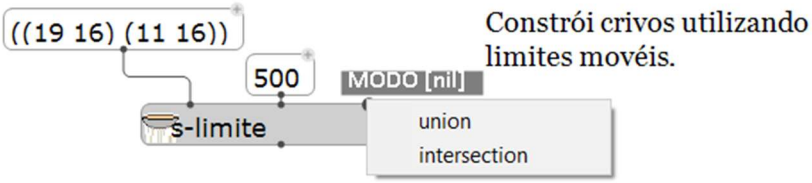


Figura 57 - Constrói crivos com limites móveis. Imagem do autor.

3.3. OS CRIVOS NO CONTROLE DO PERFIL MUSICAL

A partir deste capítulo descreveremos processos que necessitam de ambas bibliotecas apresentadas. Essa parte é dividida em 4: o controle e construção de perfis musicais (3.3), o controle de Samples (3.4), o controle de texturas (3.5) e controle e criação de timbres/samples (3.6). Neste tópico, em específico, abordaremos a implementação dos conceitos e ideias apresentadas no capítulo

2, principalmente na parte sobre a análise dos perfis de um crivo. Essa implementação é dividida em duas partes: os perfis musicais e a transição entre estruturas de Afinação a partir de perfis.

3.3.1. O USO DE PERFIS MUSICAIS SIMÉTRICOS

O primeiro processo descrito busca coletar dados de um crivo de modo a construir estruturas melódicas e gestuais totalmente baseadas nele, nosso intuito é que esta construção sirva como material bruto em nosso processo de composição, por isso ressaltamos que estamos trabalhando com *Computer-Generated Assistance* (CGA) (CASTELÕES in BRESSON, AGON, ASSAYAG, 2016, 78), gerando material musical "que será trabalhado para posteriormente se tornar uma composição finalizada". Dito isso, para exemplificar esta implementação utilizaremos o *crivo* $19_{16} \cup 11_{16}$ tendo como limite o número 64, este crivo é a base para a obra *Arabesque | 19 11 97*. Essa união fornece os seguintes números/harmônicos: (16 27 35 38 49 54 60) e seu perfil é igual a (11 8 3 11 5 6). É a partir deste perfil que definiremos o controle do ritmo, da melodia e da dinâmica, em nossa obra também utilizamos o perfil (19 11 97).

Para variar o perfil do crivo em questão, de modo a criar maior interesse, o distorceremos alterando seus números e suas proporções internas, comprimindo ou expandindo seu perfil. Estes novos perfis, produzidos por distorções, são definidos aleatoriamente de maneira que os maiores algarismos do perfil estejam entre 5 e 13 e os menores entre 3 e 8 (números arbitrários). Como a escolha dos números é aleatória, poderá acontecer do maior número ser 5 e o menor 8, havendo uma inversão da direção do perfil em termos melódicos, o que era agudo se torna grave e vice-versa. O perfil (5 6 8 5 7 7) seria o resultado do perfil (11 8 3 11 5 6) neste caso. De forma complementar, podemos retrogradar os elementos de modo que (11 8 3 11 5 6) se torne (6 5 11 3 8 11).

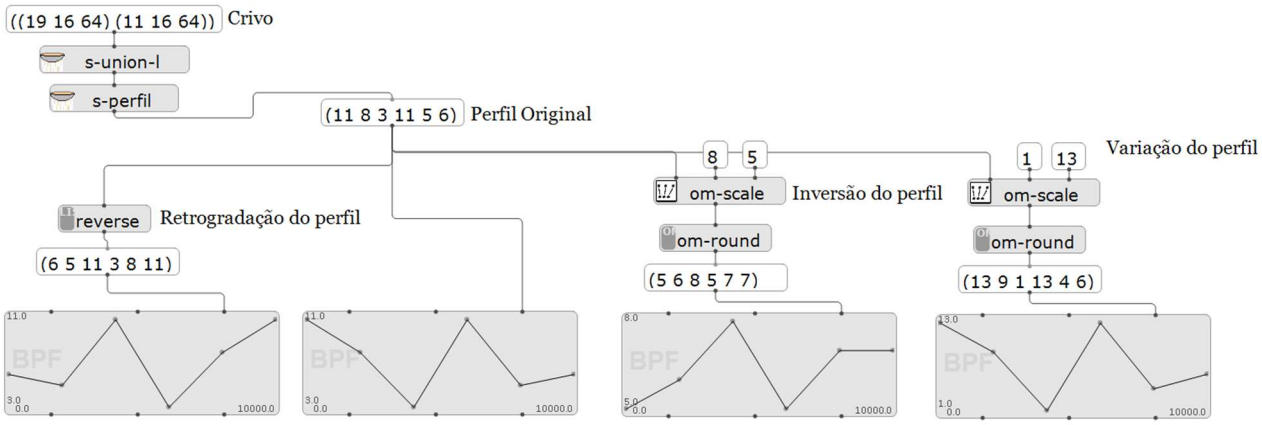


Figura 58 – Manipulação de perfis de um *crivo*. Imagem do autor.

A adaptação do perfil é realizada pelo objeto *om-scale* (cf. Figura 58). Como o próprio nome sugere, ele escalará o perfil (11 8 3 11 5 6) dentro de uma extensão mínima e máxima que é, neste caso, aleatória. Alguns exemplos desse processo são: (7 6 3 7 4 5), (13 9 3 13 6 7), (12 9 3 12 5 6) entre outros. Perceba que os 3os algarismos dos conjuntos sempre são os menores e os 1os e o 4os os maiores, ou seja, mantemos as proporções do perfil. A adaptação é realizada tanto para (11 8 3 11 5 6) quanto para (6 5 11 3 8 11), obtendo para o perfil retrogradado, por exemplo: (6 5 10 3 7 10), (7 6 13 3 9 13) entre inúmeros outros. Observe a figura 59, nela temos o perfil (11 8 3 11 5 6) e sua inversão expandida (7 6 13 3 9 13).

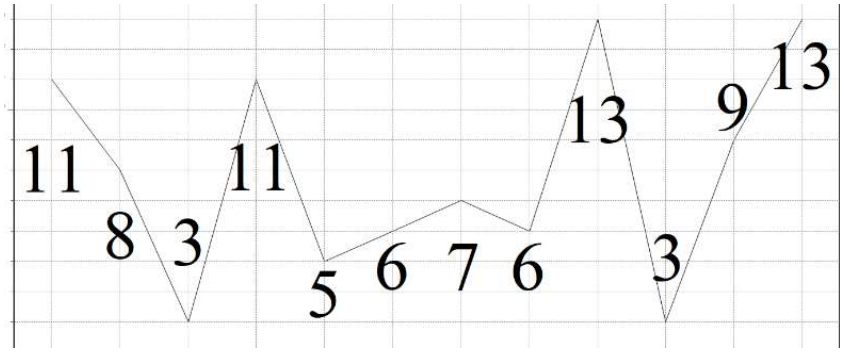


Figura 59 - Perfil melódico do crivo $19_{16} \cup 11_{16}$ e sua inversão expandida. Imagem do autor.

A seguir temos um exemplo do processo completo com a implementação da aleatoriedade de compressão e expansão repetida 4 vezes, obtendo o seguinte resultado (11 8 3 11 5 6 | 11 2 9 10 1 11 | 7 4 11 11 5 7 | 11 2 10 9 3 11), todos derivam diretamente de (11 8 3 11 5 6). Os números acima das notas se referem aos algarismos do perfil.

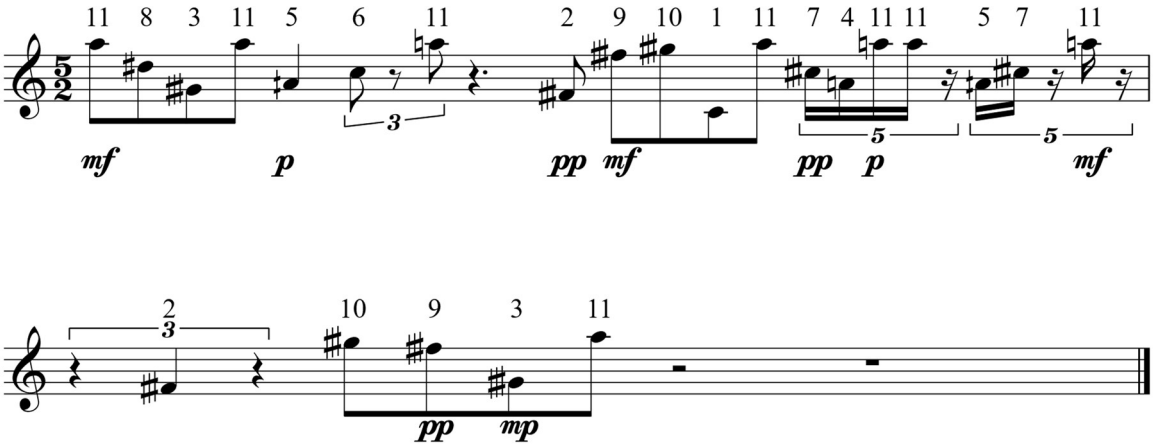


Figura 60 - Exemplo de avaliação de construção do perfil[60]. Imagem do autor.

As alturas desta passagem (figura 60) são retiradas da primeira diagonal da Tonalidade-Diamante construída sobre o crivo $19_{16} \cup 11_{16}$, como demonstrada abaixo. Para fazer com que o algoritmo construa as alturas seguindo o perfil, colocamos todas as alturas deste Diamante em uma escala ascendente fazendo que o algoritmo busque, no caso do perfil (11 8 3 11 5 6), a 11ª nota desta escala ascendente, depois a 8ª, depois a 3ª e assim sucessivamente com todos os perfis.

[60] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 60*.

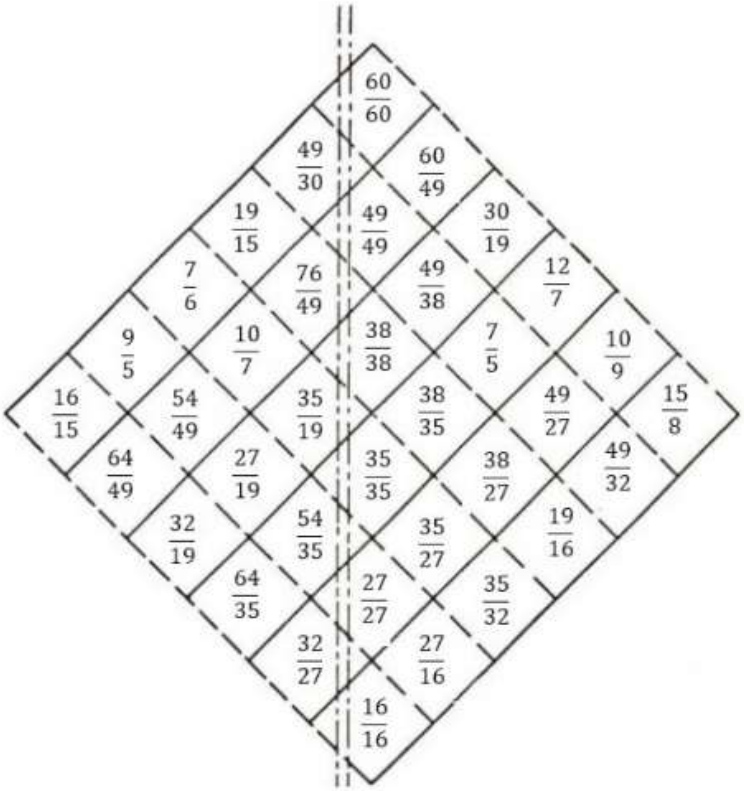


Figura 61 - Diamante utilizando as *identities* 16, 27, 35, 38, 49, 54 e 60[61]. Imagem do autor.

Vale ressaltar que no processo da Tonalidade-Diamante o número 27 e 54 são equivalentes pois 54 é a oitava de 27, assim não o incluímos no esquema. Já uma precaução no que diz respeito à executabilidade destas alturas, usamos o objeto *filter-ac-inst*. Como dito anteriormente, ele filtra as alturas da Afinação Justa sem comprometer a execução de uma obra ao mesmo tempo que torna desnecessário alterar alturas microtonais para que elas sejam executáveis ao usar, por exemplo, processos para aproximar alturas microtonais de temperamentos em 1/4, 1/8, ou 1/16 de tom. Em tratados como *Techniques of flute playing I* (2002), há a maioria das digitações necessárias para criar estruturas de Afinação de ¼ de tom e 1/8 de tom, o que já supre, dentro do conceito de *Quasi-JI*, a maioria das alturas desta Tonalidade-Diamante.

Seguindo a construção da passagem, como dito, pretende-se ampliar o controle que os crivos exercem para outros parâmetros que não só a altura. Para isso desenvolvemos um método que possibilita ao (à) compositor(a) criar frases rítmicas a partir de motivos rítmicos controlados pelos crivos. Estes motivos rítmicos podem, por exemplo, ser criados com um espectro de graus de complexidade, graus de velocidade, graus de estabilidade/instabilidade, fazendo com que o crivo

[61] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 61*.

possa os controlar através de seu perfil. Em nosso processo optamos por complexidade de subdivisão, logo, quanto maior o número do perfil do crivo, maior a 'complexidade' e o número de subdivisões. Abaixo (cf. figura 62) há os motivos rítmicos utilizados. Observe que há um número acima de cada grau (dividido por barras duplas de compasso), ele se refere ao motivo rítmico referente a cada número do perfil do crivo, neste caso, podemos usar perfis que tenham o menor número de 1 e o maior de 11, qualquer número fora desta extensão resultará em nulo ou *nil*, em outras palavras, não corresponderá a nenhum elemento rítmico.

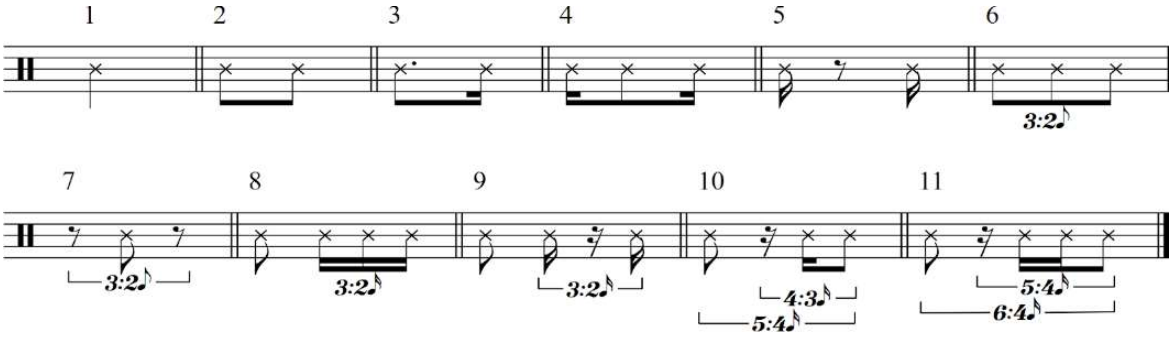


Figura 62 - Graus rítmicos. Imagem do autor.

Com esse processo, a partir do crivo (11 8 3 11 5 6) obtemos uma sequência na qual há o motivo rítmico de número 11, após isso o motivo 8, depois o motivo 3 e assim sucessivamente, gerando a estrutura rítmica a seguir (cf. figura 63). O colchete acima da cadeia rítmica se refere ao motivo rítmico de cada número do perfil. Observe que o número 3 tem um motivo pouco complexo enquanto que no número 11 temos um motivo complexo.

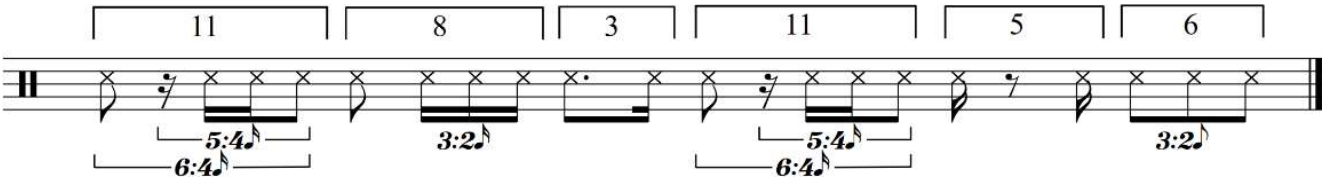


Figura 63 - Cadeia rítmica a partir do perfil (11 8 3 11 5 6)[62]. Imagem do autor.

Por último, para controlar as dinâmicas da passagem utilizamos o mesmo perfil do crivo e novamente criamos arbitrariamente graus de dinâmicas, essa construção é intuitiva e poderá se alterar a partir de cada peça individualmente. Em nosso contexto musical optamos pela seguinte estrutura de

[62] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 63*.

dinâmicas: ***fff*** (11), ***f*** (8), ***p*** (3), ***fff*** (11), ***mf*** (5), ***mf*** (6). Ou seja, uma dinâmica para cada número do perfil, que neste caso não será alterado. Para não termos uma dinâmica para cada altura optamos por implementar mais um controle através da compressão do perfil do crivo (11 8 3 11 5 6) para (4 3 1 4 2 2). Esta compressão (que também é arbitrária) definirá quantas vezes uma dinâmica será repetida, por exemplo, tomando ***fff***, ***f***, ***p***, ***fff***, ***mf***, ***mf*** como o conjunto de dinâmicas, com o perfil (4 3 1 4 2 2) teríamos a seguinte estrutura: ***fff fff fff fff f f f p fff fff fff fff mf mf mf mf***. Obviamente podemos, da mesma forma que no controle melódico, expandir e comprimir o perfil do crivo que decide as repetições de dinâmicas, gerando inúmeras possibilidades diferentes. Abaixo algumas avaliações do processo, observe que o resultado é similar, isso se dá por usarmos um mesmo crivo, os mesmos graus rítmicos e as mesmas alturas. Ou seja, abaixo estamos lidando com variações do mesmo material.

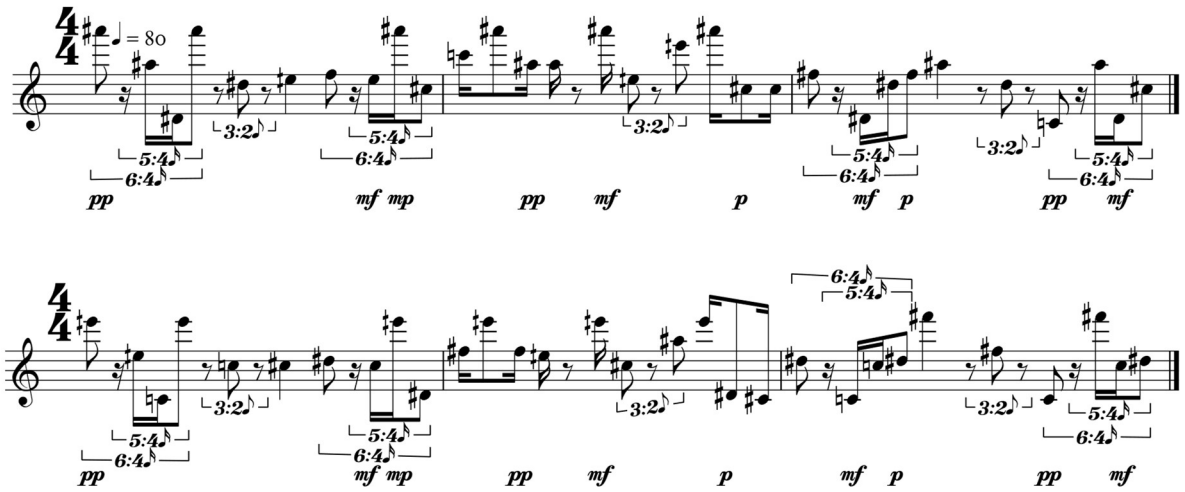


Figura 64 – Exemplos de avaliações do algoritmo[63]. Imagem do autor.

Na figura 65 temos a pauta avaliada a partir das variáveis utilizadas em nossa obra, abaixo (cf. figura 66) segue o resultado após inúmeras manipulações na qual nossa intuição opera. Ressaltamos que este processo contribui para a construção do controle de *samples* na eletrônica, observe por exemplo que as alturas do pássaro (sintetizado) (na segunda pauta) lembra o perfil (2 1 3), que é utilizado em toda obra. Falaremos disso adiante.

[63] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 64*.

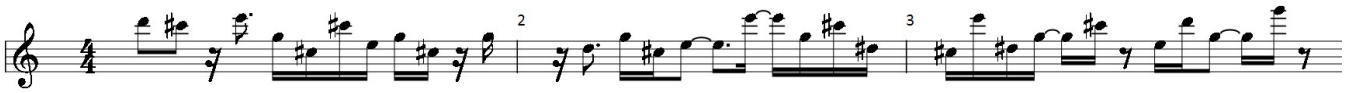


Figura 65 - Exemplo de resultado de material musical gerado por algoritmo a partir das variáveis da obra Arabesque 19 11 97 – Imagem do autor.

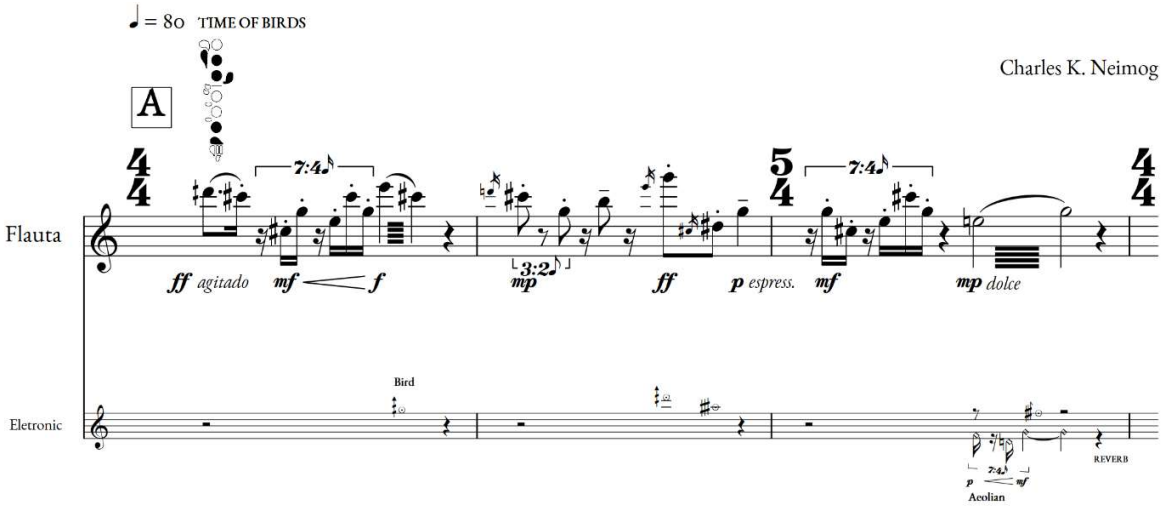


Figura 66 - Excerto da obra Arabesque 19 11 97[64]. Imagem do autor.

Em nossa compreensão, esta aproximação pode contribuir para a coerência de estruturas musicais tanto eletrônicas quanto acústicas, uma vez que a maioria dos resultados são advindos de uma mesma estrutura, os crivos. De forma complementar, principalmente o parâmetro da altura, não sofre influências e pré-conceitos da partitura e a criatividade do(a) compositor(a) é exercida, por exemplo, na construção dos perfis melódicos e principalmente na construção do crivo, fato que nos interessa. Para fins de clareza, o exemplo exposto acima é simples e utilizamos o mesmo crivo. Porém, podemos construir novos motivos melódicos, em crivos mais complexos, gerando uma estrutura harmônica/melódica mais vasta e interessante para a exploração musical, e em nosso caso, também para a lapidação musical.

3.3.2. A TRANSIÇÃO ENTRE ESTRUTURAS DE AFINAÇÃO

[64] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 66*.

Neste tópico discutiremos formas de transição entre estruturas de afinação. Estamos especificamente interessados na transição por perfis, de modo que a melodia se altere através de interpolação (de perfis) do mesmo modo como alteram-se as *áreas de afinação*, o que poderia ser comparado com tonalidades diferentes na música tonal.

Neste processo utilizamos a interpolação (realizado através do objeto *interpolation*), assim obtemos um determinado número de perfis intermediários entre um perfil melódico e outro, ambos de afinações diferentes. A título de exemplo, para entendermos o objeto *interpolation*, suponha o perfil 0 e o perfil 1. Na figura 67 os valores do *inlet* 1, 2 e 3 do objeto *interpolation* não se alteram nos três gráficos, porém o *inlet* 4 sim. Sem entrar na matemática usada, caso o número do *inlet* 4 seja 1 teremos uma interpolação que estará mais próxima do perfil melódico 1 e esta mudança será mais abrupta nos primeiros perfis. Caso seja 0, esta interpolação é linear. Caso seja -1 a interpolação estará mais próxima do perfil melódico 0, sendo que o perfil melódico se transformará de maneira gradual no início e abrupta no final desta passagem.

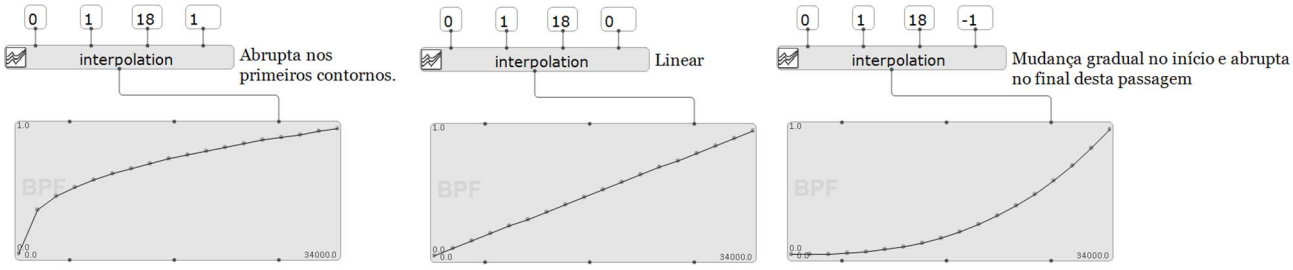


Figura 67 - Exemplo de interpolação entre dois perfis melódicos. Imagem do autor.

Os perfis melódicos que utilizaremos neste exemplo advêm do perfil de um crivo, suponha novamente a união do crivo 19_{16} e 11_{16}. Agora observe duas estruturas de afinação: a Tonalidade-Diamante (ver figura 61) utilizando somente a primeira diagonal Otonal obtendo as razões (16/16 27/16 35/16 19/8 49/16 27/8 15/4) e o MOS com o intervalo 13/8 sobreposto 10 vezes, obtendo as seguintes razões: (1/1 7/4 49/32 343/256 2401/2048 16807/16384 117649/65536 823543/524288 5764801/4194304 40353607/33554432 282475249/268435456 2/1) tendo como intervalo pequeno 16807/16384 (44¢) e como intervalo grande 131072/117649 (187¢). A partir da construção destas duas estruturas de Afinação temos o seguinte processo (cf. figura 67).

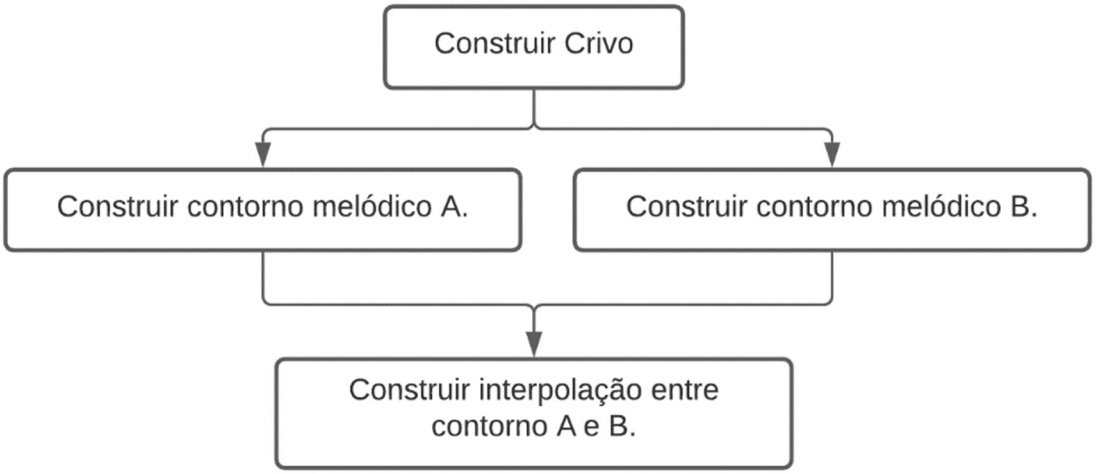


Figura 68 - Processo do perfil. A. Imagem do autor.

Obtemos assim uma interpolação gradual entre os dois perfis. Após estes resultados constatamos que há um problema de ultracromatismos microtonais. Há várias alturas que não fazem parte nem da estrutura de Partch nem da estrutura de Wilson. Para resolver isso, após construir a interpolação entre o Perfil A (afinação de Partch) e o Perfil B (afinação de Wilson), passamos o resultado da interpolação por um 'filtro de alturas' que troca, uma a uma, a altura advinda da interpolação pela mais próxima de uma das estruturas de afinação utilizadas. Desta forma, além de termos perfis melódicos intermediários, temos uma estrutura de afinação intermediária, contendo alturas de Partch e de Wilson.

Optamos por adaptar este processo para a execução em instrumentos acústicos não nos restringindo aos ambientes eletrônicos. Para isso, antes de criar os perfis melódicos, passamos a lista de notas das estruturas de Partch e das estruturas de Wilson pelo objeto *filter-ac-inst*, de modo que o (a) compositor(a) possa utilizar somente alturas em 1/4 de tom ou 1/8 de tom, assim como desejar. Há alguns exemplos no seguinte link <https://bit.ly/2Y1xNOg>, todos eles usam somente intervalos com 1/4 de tom com 8 cents de tolerância.

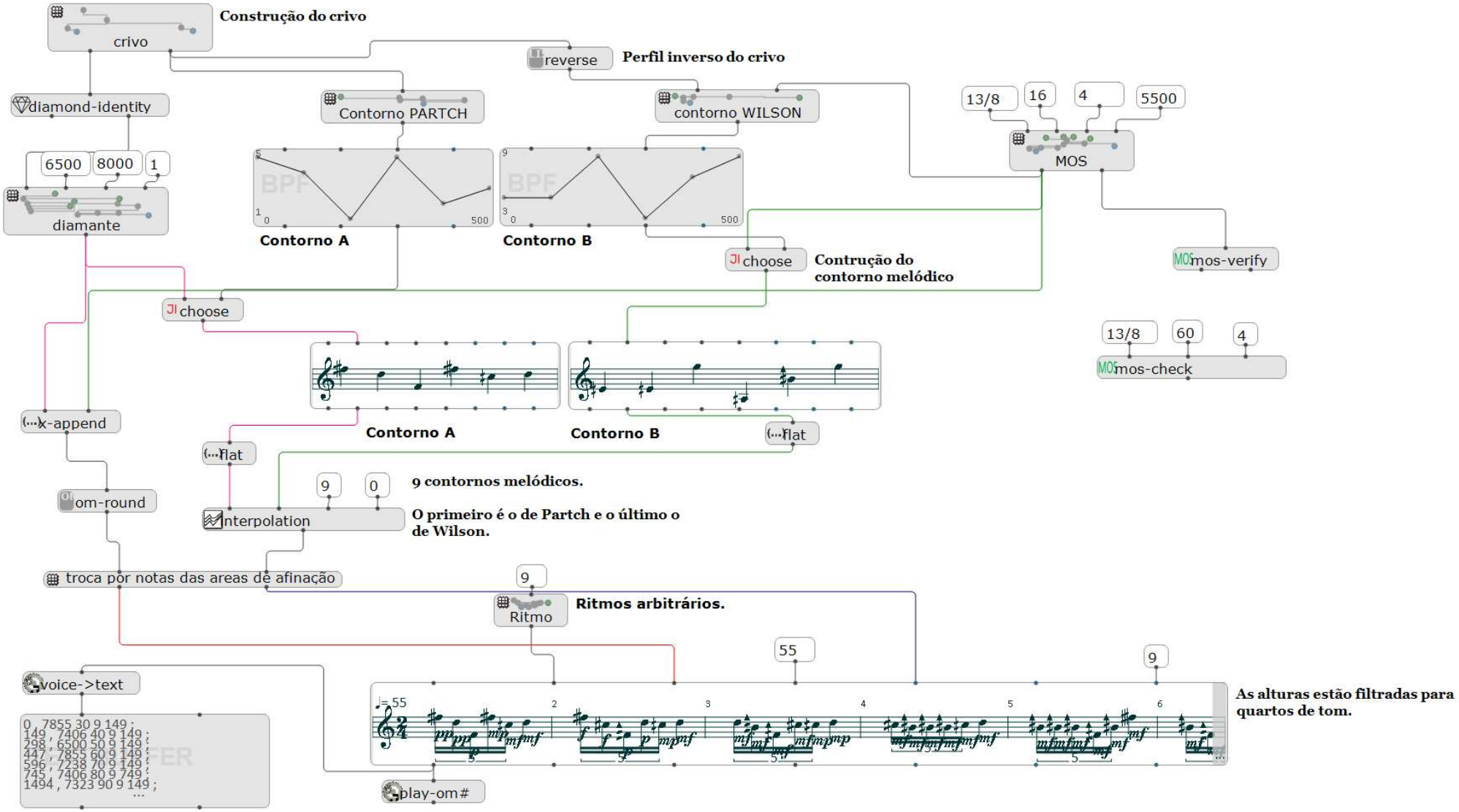


Figura 69 - Interpolação entre áreas de Afinação. Imagem do autor.

3.4. IMPLEMENTAÇÃO DOS CRIVOS NO CONTROLE DE *SAMPLES*

Este processo se propõe a quantificar *samples* de um modo que eles possam ser pensados horizontalmente e verticalmente a partir de uma estrutura de simetria, assim como as estruturas de alturas. Este processo tem duas possibilidades de implementação: a primeira é ler *samples* a partir de arquivos *.aiff* ou arquivos *.wave*, ou seja, ler arquivos já gravados ou sintetizados. A segunda possibilidade é ler arquivos *.txt* (arquivos de texto), este arquivo carregará todas as informações necessárias para sintetizar nossos próprios *samples* em *live eletronics*, que como veremos a seguir, serão modificados pela troca de parciais por alturas de uma afinação entre diversos outros processamentos[65]. Nosso objetivo é ter controle sobre *samples* assim como temos sobre as melodias e as estruturas de altura.

Voltando à questão de implementação das ideias mencionadas, para o uso de *samples* com arquivos *.wave* ou *.aiff* usamos o *patch* de Cort Lippe[66]. Nele fazemos ligeiras modificações de modo que possamos usar um *coll* – criado a partir do objeto *voice->text* – que controle os parâmetros de microtonalidade, intensidade, velocidade de reprodução e outros. O patch de Cort Lippe lê arquivos de áudio e os reproduz a partir do processo de Phase Vocoder[67]. Em termos práticos, não compromete o áudio com cortes abruptos (quando não reproduzidos totalmente) e permite manipular a afinação, a velocidade de reprodução e outros.

Com o controle de samples compomos uma pequena miniatura de 15 segundos. Essa miniatura pode ser ouvida em < https://soundcloud.com/charlesneimog/ideias-roubadas >. Os patches no Max/MSP estão disponíveis em: < https://www.ufjf.br/comus/cac_patches/ >.

---

[65] Existem características diferentes no uso de ambos tipos de arquivos. Ao usarmos arquivos .wave ou .aif temos o benefício da agilidade com que o computador consegue carregar tais arquivos, pois mesmo com uma ressíntese em alta qualidade, estes arquivos de som (em nosso caso) não passam de 1000KB, o que permite que o computador carregue-os rapidamente. O ponto negativo deste tipo de arquivo é que perdemos algumas possibilidades como a ressíntese em outras temporalidades que não a real. Arquivos de texto podem ser incorporados ao patch no Max/MSP, o ponto negativo disso é que cada sample em boa qualidade em arquivos de texto tem por volta de 5000KB ou mais, ou seja, ao usar 20 *samples* teríamos um arquivo de 100000KB, o que pode ser ruim em uma performance ao vivo.

[66] Este patch pode ser baixado em: <https://cycling74.com/tutorials/the-phase-vocoder-%E2%80%93-part-i>.

[67] Para mais informações de Phase Vocoder ver < https://bit.ly/2WhuS2p >.

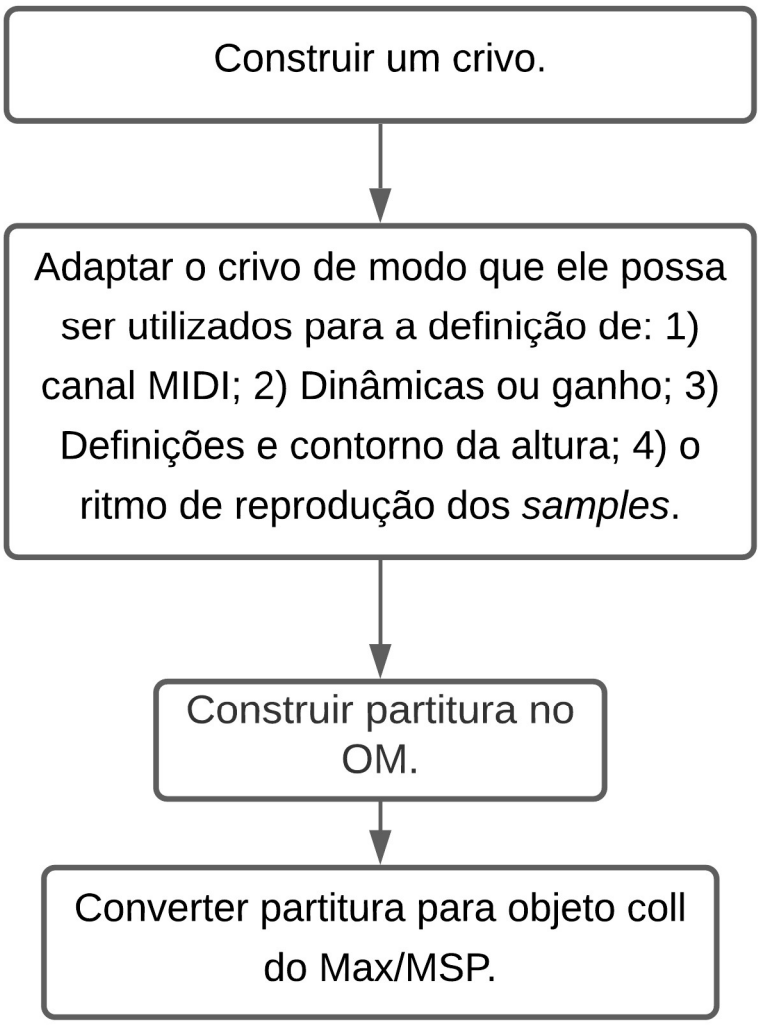


Figura 70 - Processo descrito de construção de meio de controle de samples através dos crivos. Imagem do autor.

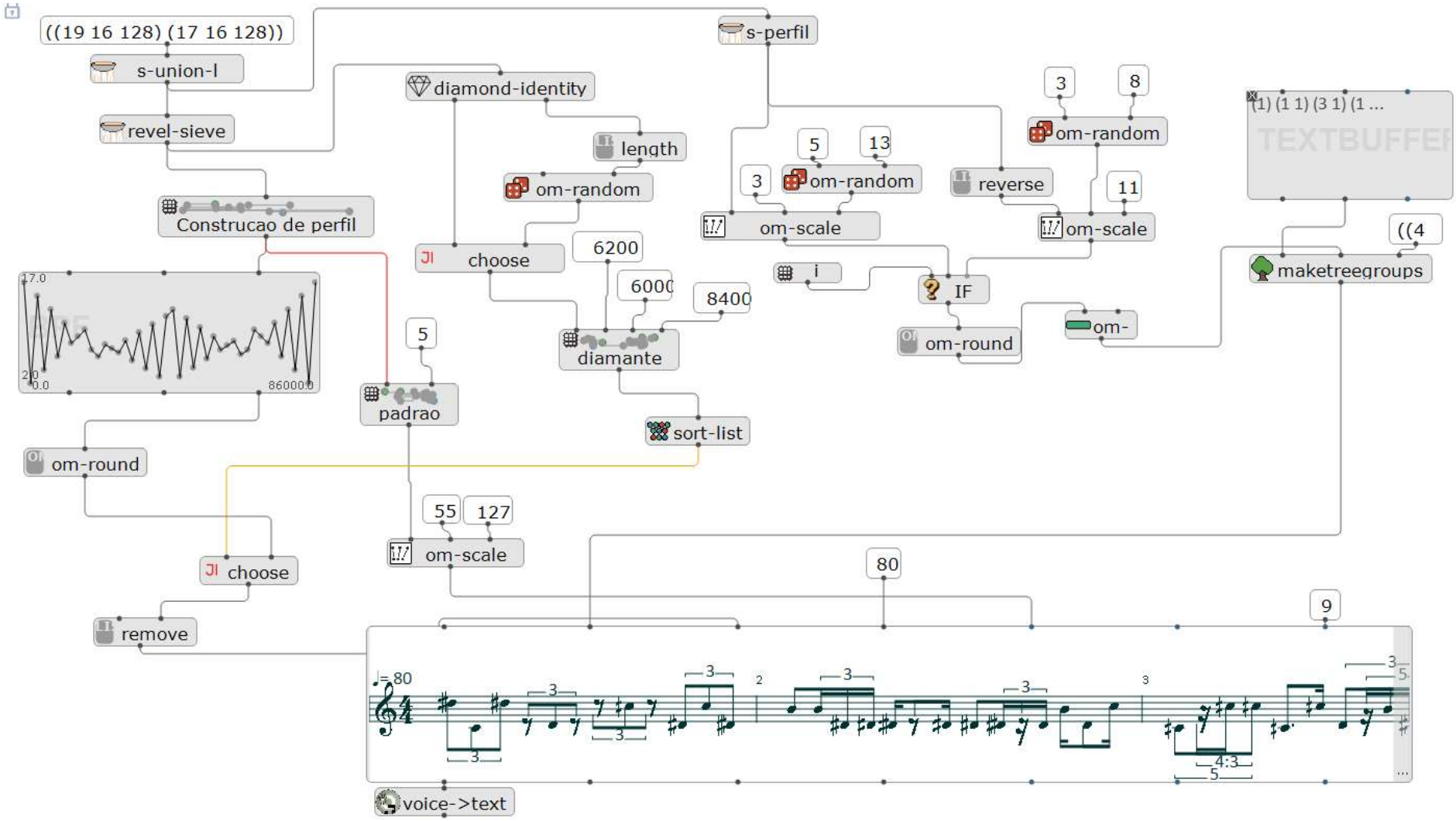


Figura 71 - Patch que constrói arquivo de texto para controle de execução de samples[68].

[68] Avaliações do processo da figura podem ser ouvidas em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 71*.

3.5. IMPLEMENTAÇÃO PARA O CONTROLE DE TEXTURAS

Neste tópico descreveremos o controle de texturas/massas sonoras a partir de um perfil de um crivo. Nosso intuito é construir curvas de densidades que seguem, verticalmente e não horizontalmente, o perfil deste crivo. Para exemplificarmos suponha o MOS sobre o intervalo 19/11 com 13 sobreposições e um crivo com o seguinte perfil: (9 2 5 6 1 7 3 4 7 7 4). Com esses dois dados fazemos que o processo escolha 9 alturas do MOS aleatoriamente, depois 2 alturas, depois 5 e assim sucessivamente, formando então um perfil de densidade que é maior quando o número é maior e vice-versa. Abaixo temos a ordem dos processos.

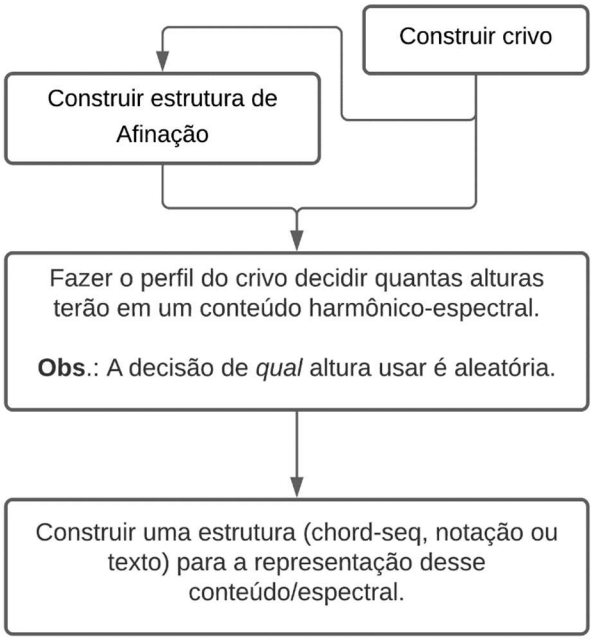


Figura 72 - Processo de construção de densidade a partir de crivos. Imagem do autor.

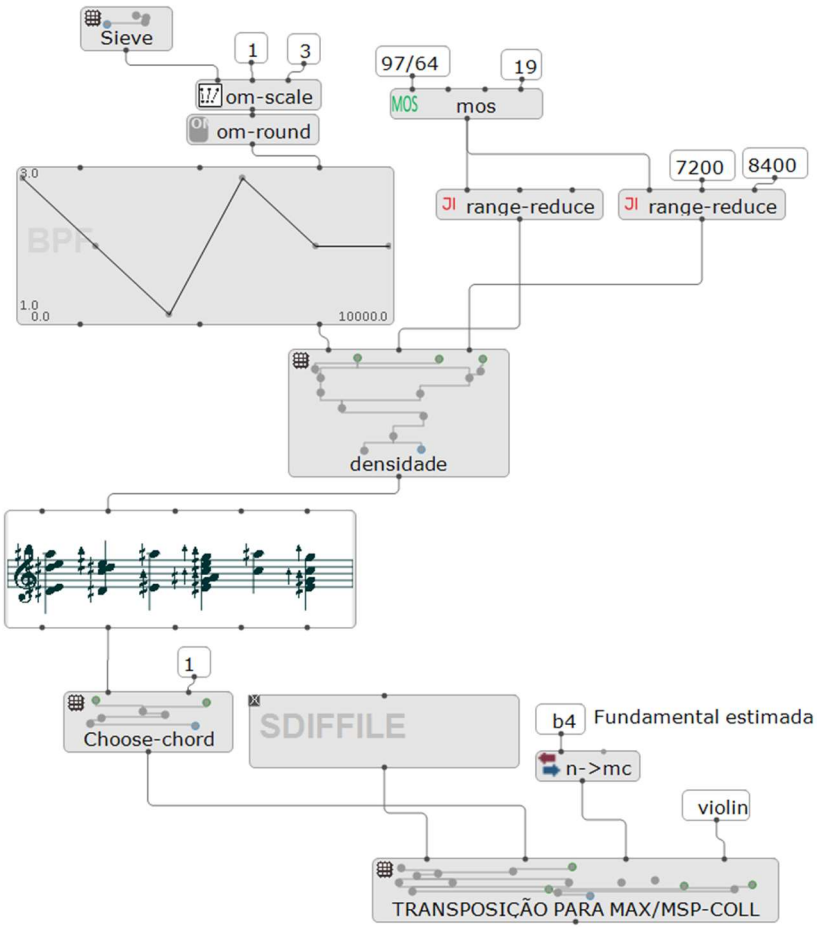


Figura 73 - Patch que constrói densidades a partir de crivos. Imagem do autor.

Exemplos podem ser ouvidos neste link: <https://youtu.be/QcCTM4DTuhg>.

3.6. OS CRIVOS NO CONTROLE E CRIAÇÃO DE TIMBRES

Neste capítulo discutiremos processos verticais que estarão presentes em nosso trabalho com a música eletrônica/mista, gerando dados para 'granuladores', para polifonias, análise e ressíntese de *samples* através da manipulação de parciais e reprodução de estruturas senoidais. Essas manipulações incluem a expansão e compressão de timbres, a substituição de parciais por estruturas com alguma simetria, a transposição de um espectro para várias alturas; a transposição de um espectro que respeite alguma simetria para um conjunto de alturas que, da mesma forma, respeite a mesma simetria (fractais), entre outras estruturas.

3.6.1. SUBSTITUIÇÃO DE PARCIAIS EM TIMBRES

Neste processo busca-se substituir parciais de um espectro por uma estrutura da Afinação Justa por proximidade. Este algoritmo pode ser esquematizado da seguinte maneira (cf. figura 74):

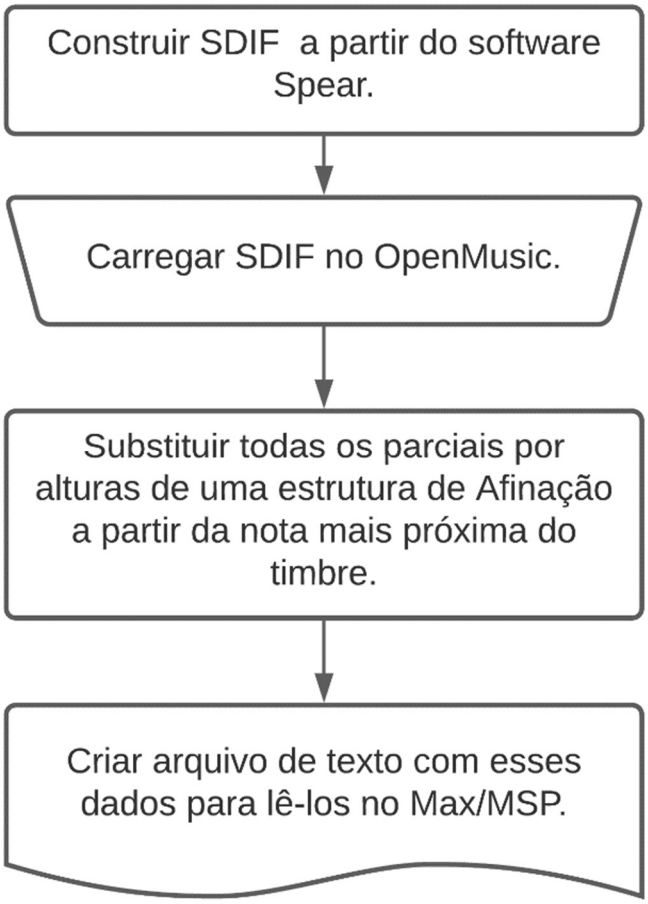


Figura 74 - Processo de alterar parciais a partir de estrutura de Afinação Justa. Imagem do autor.

O arquivo de texto, obtido a partir do processo mostrado na figura 75, pode conter duas formatações possíveis e ser usado de duas formas diferentes. Para a primeira abordagem construímos uma espécie de granulador de senoides. Desta forma, podemos ter o controle individual de cada grão – o parcial – no uso de um fragmento de um *sample* ou a reprodução dele, essa primeira abordagem foi utilizada para criar o pseudo-pássaro em nossa obra. É possível ouvir outros exemplos através do link <https://bit.ly/328LtZ6>. A estrutura de afinação do exemplo do link segue as seguintes identidades harmônicas (11 19 97 23 25 7 11 1997), usando a primeira diagonal Otonal da Tonalidade-Diamante. No exemplo do link, o espectro está sendo reproduzidos 30 vezes mais lento e ao final segue sua velocidade normal.

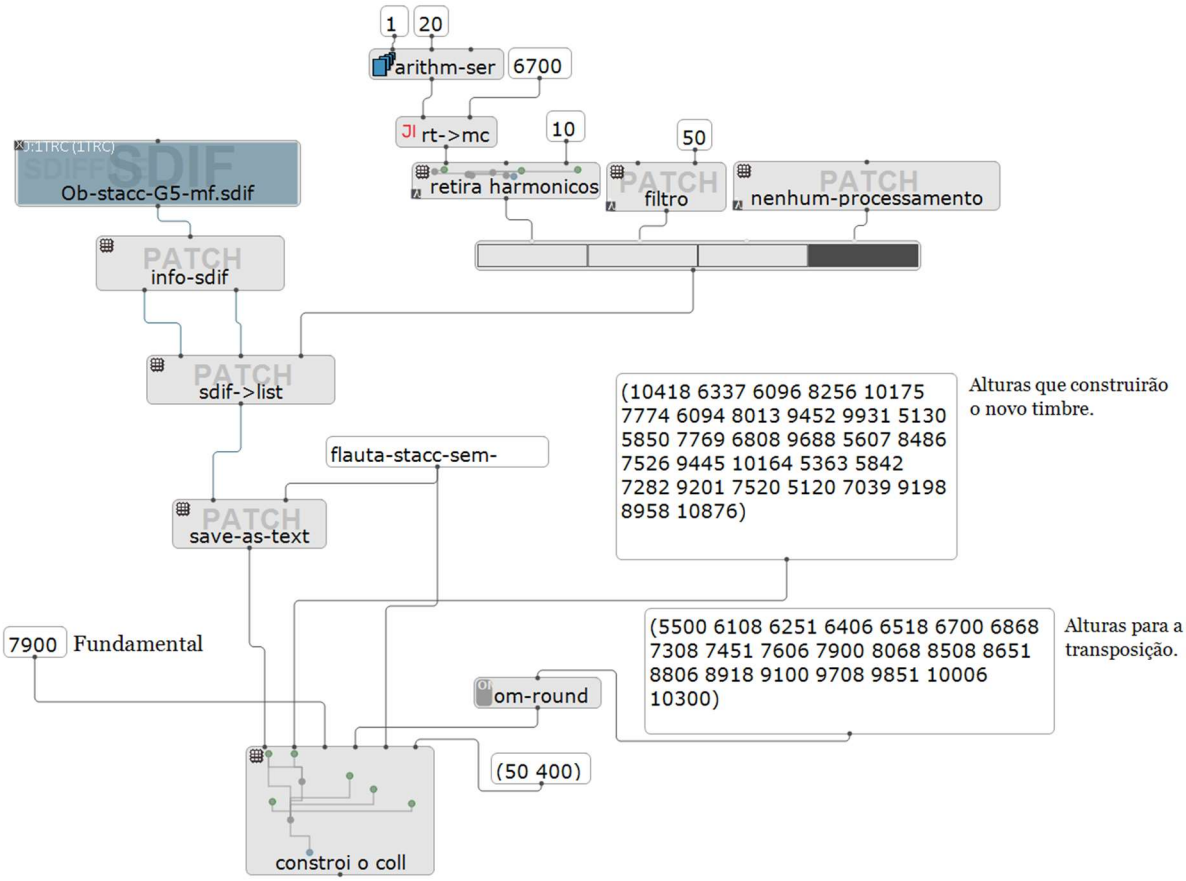


Figura 75 - Processo de construção de coll. Imagem do autor.

A segunda opção é a ressíntese do *sample* com a troca dos parciais, de modo a criar um *sample* novo em forma de arquivo de áudio. Para isso usamos o processo abaixo, que faz a troca das alturas no OM# e em seguida envia estes dados para o Max/MSP, que já sintetiza esses dados e cria samples em *.wave*. Esta segunda opção possibilita uma maior agilidade ao carregar samples via *live-electronics*. Essa agilidade, por estarmos construindo todas as texturas em tempo real, pode ser essencial para que não haja problemas em *patches* de *live-electronics*.

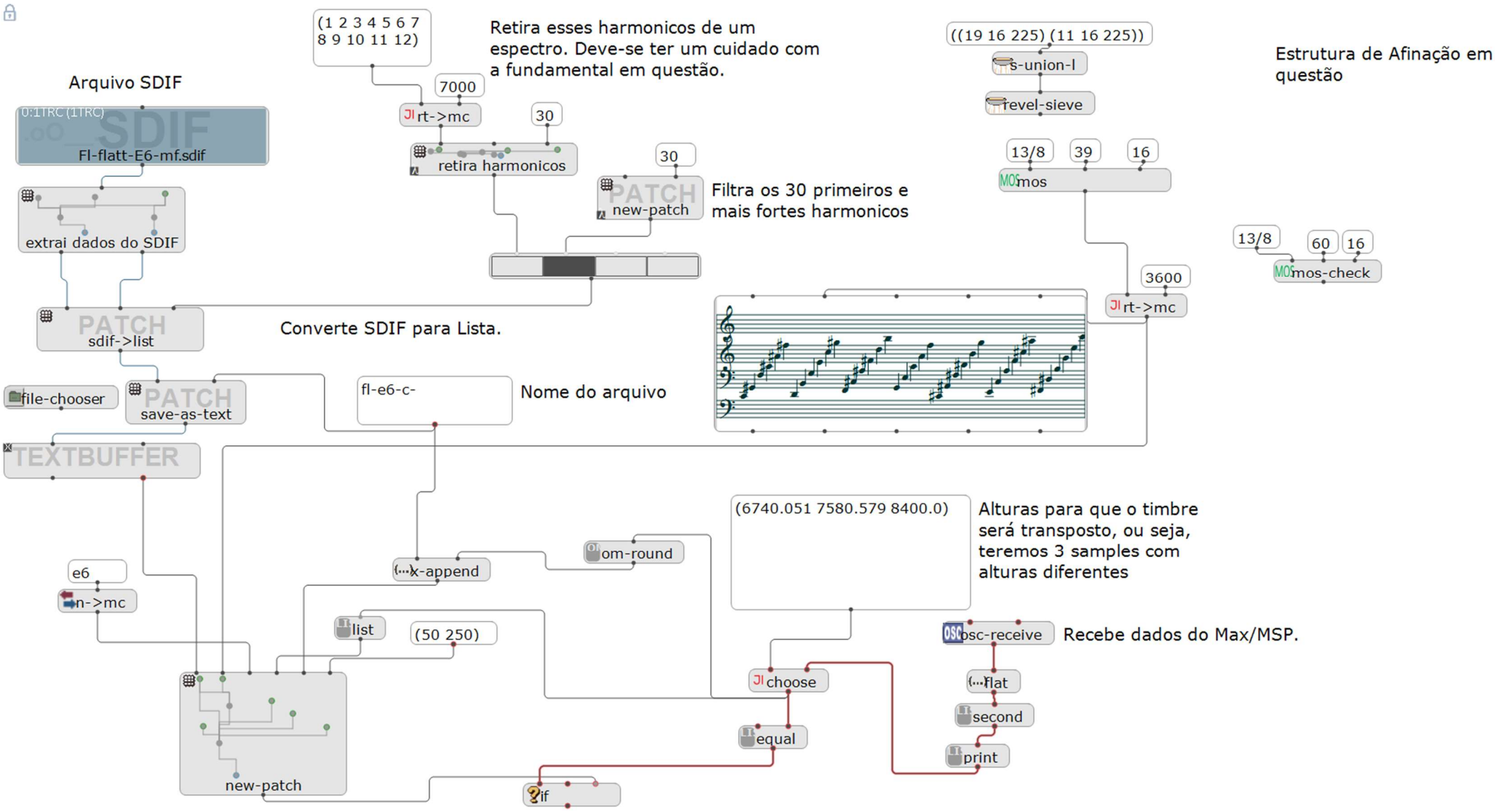


Figura 76 - Patch para a troca de parciais no OpenMusic. Imagem do autor.

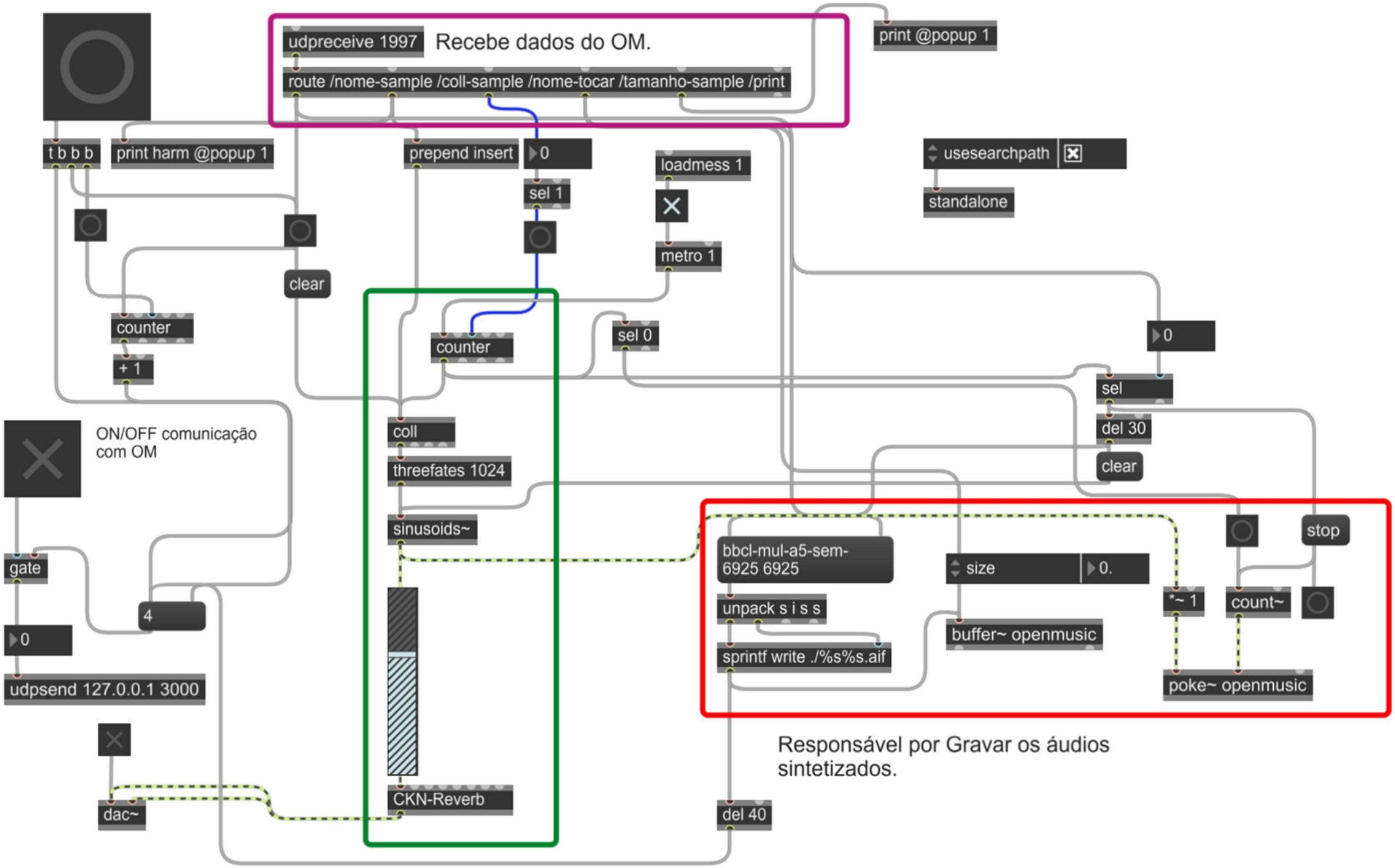


Figura 77 - Patch para síntese de espectro a partir de dados do OM no Max/MSP. Imagem do autor.

Uma terceira opção é sintetizar os sons via Spear e não via Max/MSP. Essa terceira opção foi necessária por percebermos que, em timbres que têm um espectro pouco estável (como sons de chaves na flauta, togue-ram e outros), o Max/MSP não é suficientemente rápido para sintetizar esses sons em tempo real, sendo necessário sintetizá-los em tempo diferido. Em vez de pesquisarmos grandes processos apenas implementamos (somente no Windows) uma forma do OM# sintetizar os sons utilizando o Spear. Para isso utilizamos uma linguagem chamada de Visual Basic. Em termos leigos (os termos que tenho conhecimento até o momento) o OM# gera um *script* que executa todos os comandos como se um humano estivesse abrindo um SDIF e o sintetizando via Spear. Essa foi a solução mais fácil de ser implementada sem ser necessário pesquisar e criar um processo do nada assim como não pagar para ter ferramentas como as fornecidas pelo Ircam. Neste link < https://bit.ly/3oFNeGO > há a diferença entre um som de chaves sintetizado no Max/MSP e o mesmo som sintetizado no Spear. Abaixo temos o *patch* que faz isso (lembrando que este patch só foi testado no Windows), ele faz a mesma coisa que algumas funcionalidades da biblioteca paga OM-SuperVP, todos esses patches e um tutorial de uso detalhado estão disponíveis no site do COMUS, lá também estarão disponíveis algumas atualizações previstas.

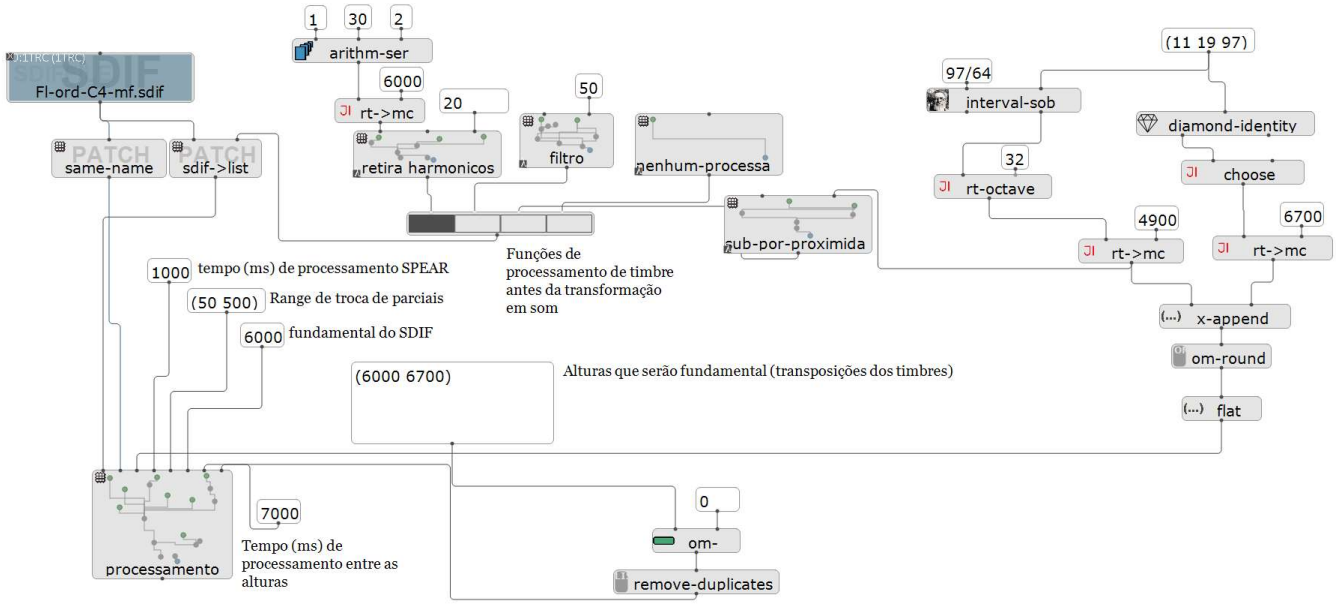


Figura 78 - Conexão entre o OM# e Spear. Imagem do autor.

3.6.2. CAÇADOR DE ESPECTRO

Este processo é complementar aos processos apresentados anteriormente. Em 3.6.1, como dito, trocamos as alturas de um timbre por alturas de uma área de afinação por proximidade, não importando se a altura mais próxima for de 20¢, 2¢ ou 2000¢. Por vezes isso pode gerar problemas na ressíntese fazendo com que o áudio soe mal e muito granular (quando há muitas trocas de parciais/alturas). Em nossa obra isso era um problema, por isso implementamos um processo que testa áreas de afinação que consigam dar conta de trocar todos os parciais por um intervalo mínimo e máximo de cents. Isso antes de sintetizar os samples com o espectro alterado. Em outras palavras, nesse processo busca-se uma estrutura de afinação que forneça alturas suficientes para trocar todos os parciais de um *sample* por uma extensão determinada pelo(a) compositor(a). Por exemplo, trocar todos os parciais por uma distorção mínima de 50 cents e máxima de 200 cents.

Para isso, dado um conjunto de unidades somatórias, um conjunto de pontos de partidas, um conjunto de limites para o crivo e um conjunto de intervalos/identidades, o patch testará todas as possibilidades combinatórias possíveis e mostrará quais estruturas cumprem os parâmetros de alteração de parciais estabelecidos. Abaixo segue o exemplo do patch utilizado, nele só está implementado, até o momento, o uso de estruturas de sobreposição de Ben Johnston, aquela usada em nossa obra.

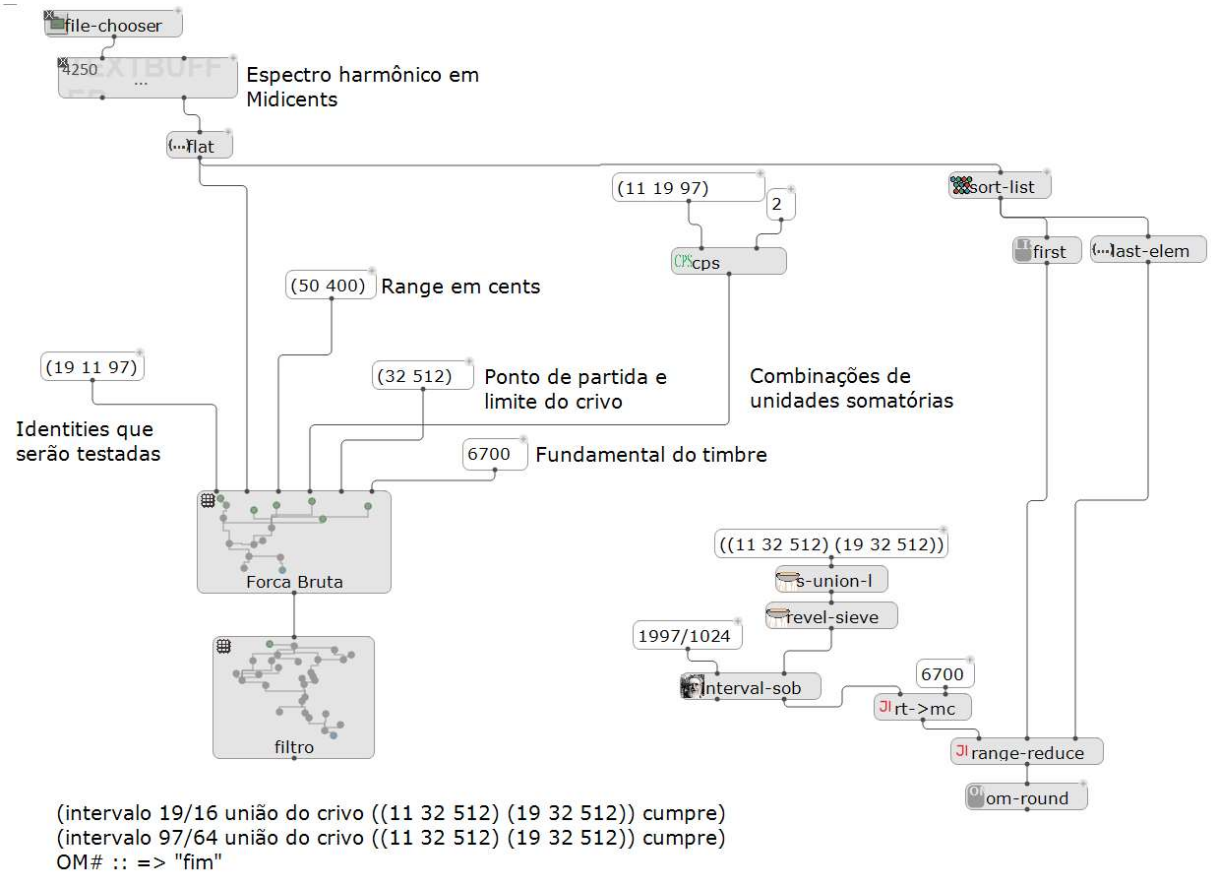


Figura 79 - Exemplo do patch “caçador de espectro”. Imagem do autor.

3.6.3. FILTRO DE PARCIAIS

Outro problema que nos foi apresentado durante a obra foi o Fast Fourier Transform (FFT). Em certas ocasiões este processo descreve um áudio com alturas com midicents negativos, o que não faz sentido. Esse ato deixava a ressíntese de um *sample* problemática. Para resolver isso criamos um filtro “passa-alta”, este filtro só permite passar alturas maiores que um determinado número de cents. Após alguns testes, o que funciona bem é, ao lidar samples com alturas definidas, colocar o limite da altura mais grave perto da fundamental do sample. Por exemplo, com um sample na fundamental C4, podemos colocar os midicents em 5700 (A3), o que gera resultados melhores do que sem o filtro de parciais.

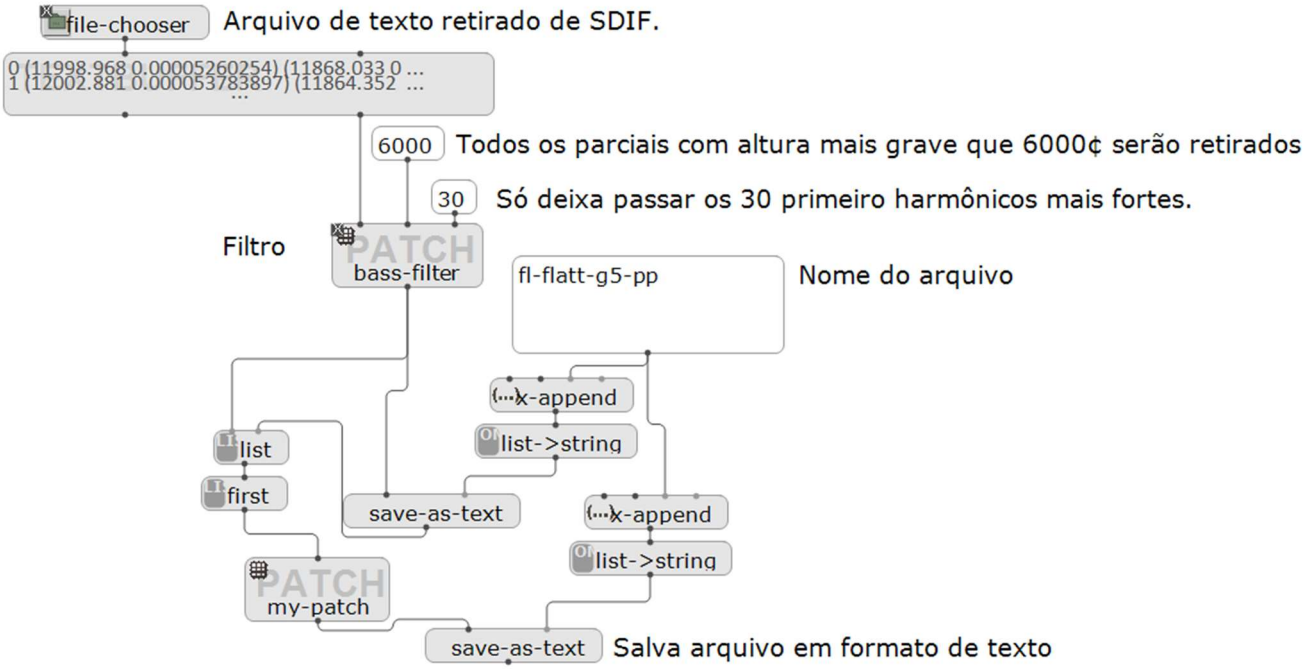


Figura 80 - Processo para filtrar parciais para a ressíntese. Imagem do autor.

3.6.4. RETIRAR PARCIAIS ESPECÍFICOS DE UM TIMBRE

Este processo nasce da ideia poética de imitar a respiração da baleia. A respiração desse animal geram imagens e sons interessantes e como veremos, tem uma conexão direta com questões estéticas pertinentes a este autor. Após refletir algum tempo optamos por extrair sons da respiração da flautista ao tocar uma nota. Em termos práticos nossa pergunta era, como retirar o som da flauta e só deixar o som da respiração da flautista (o som *aeolian* era áspero para o que queríamos)? Após alguns testes nossa resposta foi: é só retirar todo o espectro da fundamental que ouvimos. Após este processo transpomos descendentemente e depois fizemos um pequeno glissando *ascendente* e *descendente*, o que foi suficiente para nos convencer que esse som era próximo a um animal grande que se movia lentamente (esse processamento pode ser ouvido em: <https://bit.ly/3oVq27y >). Em outros testes, retiramos a série harmônica de outros samples e obtivemos resultados interessantes que podem, após serem sintetizados, proporcionar bons *samples*. No link alguns exemplos deste processo: < https://bit.ly/3pmWfWc >.

4. APLICAÇÕES COMPOSICIONAIS

Além dos problemas referentes a como criar estruturas harmônicas para a composição que utiliza microtons, temos uma segunda problemática composicional que nos é importante e nos sentiríamos culpados de não a ressaltar, pois foi neste questionamento que nasceu todo este projeto de pesquisa. Tanto Bosseur (2014, p. 96) quanto Sandred (2009, p. 149) indicam que o sistema de notação tradicional privilegia a música diatônica/tonal e para sermos bem precisos, quando nos referirmos à teoria tonal/modal/diatônica, estamos nos referindo à(as) teoria(s) (e práticas) que se desenvolveu/desenvolveram do período Barroco em diante. James Tenney (2015, p. 281) ressalta o mesmo problema, porém se referindo à teoria harmônica tradicional. Desta forma, nesta pesquisa investigamos, de forma indireta, se a inclusão de uma estrutura composicional que não necessite da partitura (pré-escritura) e que *não permita* a avaliação de uma notação com os pré-conceitos harmônicos – no sentido de fugir de estruturas temperadas, sejam elas tonais, modais ou atonais – podem ou não contribuir para uma mudança de raciocínio no parâmetro da altura em sentidos gerais, incluindo horizontalidades e verticalidades.

Os apontamentos de Bosseur e Sandred têm respaldo no trabalho teórico de importantes compositores do início do século XX, pois eles já mostravam uma certa incompatibilidade entre a invenção musical e a notação musical tradicional. O primeiro deles é Arnold Schoenberg (1874 – 1951) que "se esforç[ou] para atualizar um sistema de escrita melhor apropriado à sua concepção da harmonia que aquele que nós herdamos" (BOSSEUR, 2014, p. 96). De uma forma semelhante, Béla Bartók (1881 – 1945) entendeu que "seria desejável dispor de uma escrita musical de doze sinais semelhantes em que cada um dos doze sons teria seu valor, igual a dos outros, de maneira que assim os sons [cromáticos] não deveriam mais ser grafados exclusivamente como alterações de outros sons" (STOCK, 1981, p. 82 *apud* BOSSEUR, 2014, p. 97). A partir dessas afirmações podemos argumentar que, de uma certa maneira, esses compositores já apontavam criticamente para um viés tonal/diatônico – e, portanto, temperado – que o sistema de notação tradicional adquiriu no decorrer da história da música ocidental pós período Barroco. Ou seja, há uma inclinação à conclusão de que a notação musical tradicional e as teorias harmônicas tonais – do Barroco em diante – podem estabelecer certas barreiras/características para o meu próprio pensamento musical, em virtude de meu hábito composicional ter sido construído, principalmente antes dessa dissertação, na partitura com grande enfoque no aspecto harmônico derivado do Tonalismo.

As reflexões sobre a influência da notação musical são ainda mais presentes ao analisar a notação musical a partir de Pujadas (2018, p. 1427) na qual "a partitura não é mais um dispositivo mnemônico [relativo à memória] para ser lido, interpretado e executado, mas um processo através do qual a linguagem musical é construída"[69]. Desta forma, se ao menos parte da linguagem musical é construída na notação musical e se só há a possibilidade de notar 7 alturas primariamente[70] – como aponta Bartók – podemos nos questionar: Há alguma influência das estruturas de notação no processo composicional não temperado? Isso pode influenciar nas decisões de uma composição? Só conseguir nomear 7 notas[71], independente do cromatismo e da afinação, pode influenciar a música de Afinação Justa?

A partir de Schoenberg, Bartók, Bosseur (2014) e Sandred (2018), partimos do pressuposto que sim, o processo de notação influencia o processo de composição. E esta reflexão pode se enriquecida por campos ligados à semiótica pois se 1. a notação musical e a teoria harmônica tonal são entendidas como sendo cada uma delas um artefato cognitivo, definido como um dispositivo material, não-biológico acoplado a um sistema cognitivo (AGUIAR, 2010, p. 50) como, por exemplo, os sinais da matemática (+, –, /, *) ou os números arábicos; 2. concordamos com Queiroz (2010, p. 9) na afirmação de que a alteração de um artefato cognitivo pode modificar "as habilidades cognitivas, podendo alterá-las radicalmente (…)", ou em outro sentido ou 3. definir limites/características nos quais o sistema cognitivo composicional vai operar, somos inclinados a afirmar, a partir da semiótica, que a partitura pode caracterizar uma determinada música e em nosso caso específico isso foi presente, principalmente em obras como *Metamorfose Inexata* (Disponível em: < http://bit.ly/35WCrBG >) e *Homenagem à Debussy* (Disponível em: < http://bit.ly/2Oe6eiK >).

Sendo assim, por consequência desta reflexão brevemente apresentada por Bartók, Bosseur, Pujadas, Queiroz e demais, defendemos a ideia de que através do uso de processos que constroem simetrias, desenvolvemos possibilidades no parâmetro da altura – em especial alturas da Afinação Justa – antes da notação, de modo a tentar diminuir a influência que a notação tem sobre nosso processo de composição musical. Neste sentido, buscamos investigar quais as consequências

---

[69] Tradução nossa, original: "Thus the score is no longer a mnemonic device to be read, interpreted and executed, but a process through which musical language is constructed" (PUJADAS, 2018, p. 1427) .

[70] Sendo as demais alterações destas 7. Por exemplo, as alturas A♭ -49 cents e um A♯ +49 cents serão primeiramente notados como As.

[71] Na passagem no livro *Filosofia da Música* (PIANA, 2001, p. 222) o autor afirma: "Newton considerou poder distinguir na sequência contínua do espectro cromático exatamente sete cores somente pelo fato de se orientar pela norma dos sete sons da escala que lhe era familiar". Acredito que neste ponto temos outro exemplo de como esses nomes não fazem sentido quando buscamos um total cromático microtonal. Ou seja, para Newton assim como para nós atualmente, só existiam azuis mais escuros e azuis mais claros, essa nomenclatura é absurda aos nossos olhos, e por isso, também deveria ser absurda para nosso ouvido.

musicais 1) da troca do meio no qual se organiza o meu pensamento – fazendo da partitura uma ferramenta para a construção da memória (registro) musical e não do processo composicional – e 2) da retirada de julgamentos advindos das teorias harmônicas tradicionais no processo de composição.

Tendo em vista que estamos lidando com um problema no parâmetro da altura, ressaltamos que o resultado sonoro esperado é vinculado a este parâmetro em um sentido geral, levando em consideração não só aspectos harmônicos tradicionais, mas empregando aspectos de verticalidades e sua manipulação no espectro harmônico, na troca de parciais, entre outros. Ou seja, nos aproximamos da ideia de Roads (2016, p. 237) quando afirma: "As harmonias microtonais podem tornar-se tão complexas que se transformam em timbre e texturas"[72]. Assim, há um jogo com esta linha entre timbre e harmonia e acredito firmemente que de modo contrário aos espectralistas ou aos(às) compositores(as) da Afinação Justa. Não estou interessado em criar harmonias a partir timbres, assim como não estou interessado em usar somente estruturas que utilizam os primeiros 11 harmônicos, como o faz Harry Partch, interessa-me o reflexo que a matemática tem na música e como posso usar esses reflexos artisticamente. Sendo assim, meu objetivo estético musical está mais próximo do modo que Iannis Xenakis (1990) trata o parâmetro da altura do que pelo modo que Gérard Grisey (2000) ou Harry Partch (1974) o fazem.

4.1. DESCRIÇÕES DE PROCESSOS E ESCOLHAS EM *ARABESQUE | 19 11 97*

Arabesque | 19 11 97 é uma obra composta em 2019-21 para flauta transversal com eletrônica e tem cerca de 4 minutos. É resultado da busca de unir estruturas de Afinação Justa, a Música Mista e simetrias advindas dos crivos. Será gravada pela prof. Dr. Marta Castello Branco após a pandemia da COVID-19 e quando gravada estará disponível no seguinte link: < https://soundcloud.com/charlesneimog >.

O interesse ao nome *Arabesque* surge a partir de uma aula do Prof. Dr. Arthur Rinaldi ainda na graduação, na qual explica-se a importância dos Arabesques na música de Claude Debussy. As próprias estruturas de Erv Wilson, como o Hexany e Eikosany, lembram os arabescos sendo nesta palavra e nestes desenhos simétricos o ponto de encontro entre a minha pesquisa, meus interesses pessoais, composicionais, poéticos/estéticos. Por isso o nome da obra. Foi a partir de Erv Wilson que

[72] Microtonal harmonies can become so complex that they mutate into timbre and texture. With so many pieces in free intonation, it is clear that pitch need not always be aligned to the grid of a fixed scale or intonation.

ampliamos nosso conhecimento sobre o fenômeno da série harmônica pois sua teoria possibilita a união entre as estruturas de Afinação Justa, os crivos e os números primos. Abaixo segue a comparação entre dois arabescos que gosto e a teoria do CPS-Eikosany de Erv Wilson, é inevitável não notar a semelhança estrutural/visual.

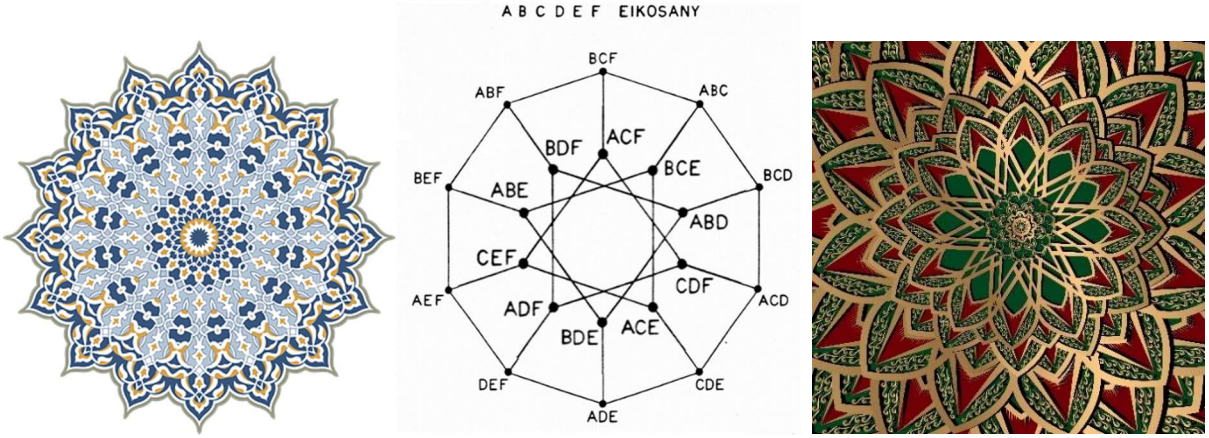


Figura 81 - Exemplo de Arabesques e ao meio um diagrama do Eikosany de Erv Wilson. Imagem do autor.

Para o mundo Islâmico, o arabesco representa a natureza da criação de Alá, para mim essas estruturas representam a natureza simétrica do Universo como um todo e como uma unidade. É bonito observar como os desenhos encaminham o seu olhar para o centro, que por sua vez, é completamente diferente do que compõe o que não é o centro do arabesco. O mesmo acontece com os CPS's de Wilson e com o modo com que lidamos com os números que os crivos geram, pois ambas estruturas são refletidas e analisadas a partir de um centro sobre o 1. No entanto, este 1 é diferente do restante dos números, pois ele é uma unidade diferente do restante da série harmônica e a sua composição por números primos, como defendido nesta pesquisa. Por todas essas semelhanças e coincidências esse é o nome da obra, já os números 19, 11 e 97 são a base para a construção da obra como um todo, desde os algoritmos, os crivos e as alturas, como será visto adiante.

Outra questão que abordamos é baseada na dualidade temporal (a percepção do tempo) apresentada pelo compositor Gérard Grisey (COPINI, 2010). Em específico, nesta obra nosso intuito é descrever musicalmente as temporalidades dos pássaros e as temporalidades das baleias. E por fim, lembrar o ouvinte (e a mim mesmo) que estamos presos à temporalidade do relógio, que por vezes nos autoimpomos sem necessidade.

4.1.1. A CONSTRUÇÃO DO CRIVO E DAS ESTRUTURAS DE ALTURAS

A construção e escolha dos crivos foi um processo lógico seguindo duas etapas. A primeira lógica de escolha se mostra entre o Ponto de Partida e o Limite do crivo. O instrumento escolhido (a Flauta) tem uma extensão musical relativamente grande, porém seus timbres são característicos em notas graves e notas super agudas. Nossa opção foi construir um crivo que abrangesse alturas de uma certa qualidade timbrística homogênea, possibilitando ressaltar diversidades timbrísticas a partir de manipulações de parciais de *samples* da própria flauta na eletrônica e não no instrumento acústico. Além disso, levamos em conta a dificuldade da obra devido aos microtons, à velocidade, aos ritmos e a questão de ser uma peça que exige que o(a) instrumentista preste atenção na eletrônica, almejamos uma real simbiose e extensão do corpo do(a) flautista. Por isso, para obtermos uma quantidade confortável de alturas, nossa escolha numérica segue a mesma lógica que o pensamento no instrumento, duas oitavas da série harmônica, e por isso, os números 16 até o 64 para as alturas acústicas.

Os números primos escolhidos para construir as unidades somatórias e a sobreposição intervalar seguem minha data de aniversário: 19 de novembro (11) de 1997 ou de 97. Ou seja, 19, 11, 97 e 1997 são números escolhidos para o uso e principalmente o 97 e o 11 me interessam musicalmente, além de que um pouco de misticismo é bom para todo artista.

19 e 11 são números que são utilizados no pensamento melódico e na linha da Flauta na primeira parte da obra. Já os números 97 e 1997 são utilizados em toda obra, principalmente na manipulação de timbres e texturas. O 97 tem uma característica muito interessante, utilizando sobreposições, seja ela quais forem (MOS ou as sobreposições de Johnston), o seu ciclo é quase fechado, a cada 5 sobreposições ele quase volta até a fundamental ou ponto de partida, só não volta por um intervalo igual à razão 8589934592/8587340257 que é igual a 0.52294684¢[73]. Isso nos lembra de uma passagem na qual Igor Stravinsky afirma: "Eu acho que ser perfeitamente simétrico é ser perfeitamente morto" (MORTON; STRAVINSKY; CRAFT, 1959, p. 16), por este motivo este intervalo foi o escolhido como base de uma das estruturas de afinação.

---

[73] Aqui fazemos uma importante conclusão do próprio OpenMusic. A primeira implementação do objeto *interval-sob* utilizada a implementação do próprio OM (*f->mc*) para transformar razões em midicents. Acontece que este objeto aproxima os midicents, desta forma, por exemplo a razão 3/2, teria a afinação de 702¢ e não 701.955¢ como sua real afinação. Isso em casos comuns não afeta em nada a afinação de uma altura, porém quando utilizamos números altos, como em nosso caso, isso pode levar ao compositor a cometer o erro de acreditar que seu cálculo está correto, quando na verdade, por uma característica do programa, esse cálculo não está. Em outras palavras achamos que temos uma informação verdadeira quando não temos. Por isso, fizemos uma segunda implementação do objeto *interval-sob* que calcula os midicents de uma razão utilizando a função *ratios->cents* desenvolvida por Mauricio Rodriguez.

Dito isso, usamos três Afinações diferentes. A primeira e a segunda são as 6as diagonais da Utonalidade e Otonalidade da Tonalidade-Diamante sobre os números (16 27 35 38 49 54 60), que são o resultado do crivo (19_{16} ∪ 11_{16}) com o limite 64. Optamos pela fundamental em G (Harry Partch a utiliza como fundamental em seus instrumentos) que após as conversões oferecem as seguintes alturas.

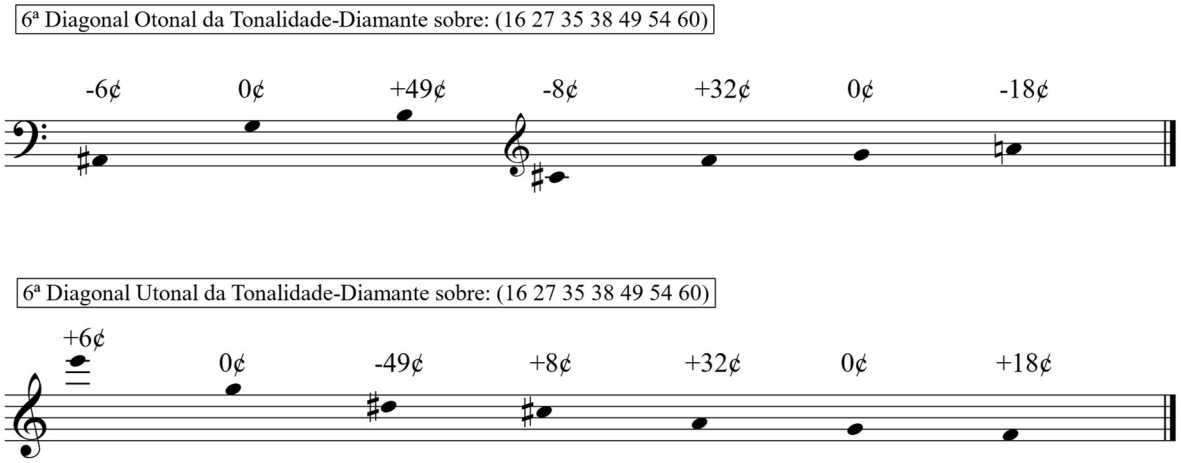


Figura 82 – 6ª Diagonal da Otonalidade e Utonalidade sobre o crivo (16 27 35 38 49 54 60)[74]. Imagem do autor.

A terceira estrutura de altura é a sobreposição do intervalo 97 seguindo o mesmo crivo acima: Ou seja, 97^{16}, 97^{27}, 97^{35} 97^{38}, 97^{49}, 97^{54} e 97^{60}. Para estes números, optamos por escolher a fundamental em C♯ para termos notas em comum entre a U/Otonalidade de Harry Partch e a área de Afinação de Ben Johnston. Portanto temos as seguintes alturas:

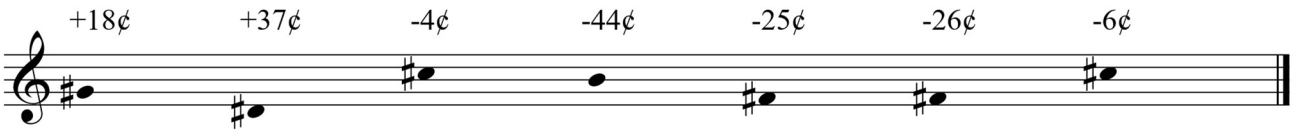


Figura 83 – Alturas da sobreposição do intervalo 97[75]. Imagem do autor.

Todas as alturas da obra seguem estritamente uma destas 3 opções de organização. Por vezes, ironizamos o instrumento flauta pela incapacidade de afinar algumas alturas e por isso usamos notas próximas, por exemplo, na passagem cf. a figura 84, quando utilizamos B♭ na realidade almejamos o B-44¢ (B quase ¼ de tom bemol) (cf. figura 83), assim como no F almejamos o F♯-25¢ (F 3/8 de tom

[74] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 82*.
[75] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 83*.

sustenido). Em outras palavras, dentro dos termos deste trabalho, esta passagem soa desafinada ao tocá-la utilizando o temperamento. Esses compassos são também uma tentativa frustrada do(a) flautista de imitar, através de aproximações temperadas, o canto do pássaro (inventado) na temporalidade da baleia (muito estendido), o que ele(a) não consegue, ficando a cargo da eletrônica entre os compassos 27 e 28.

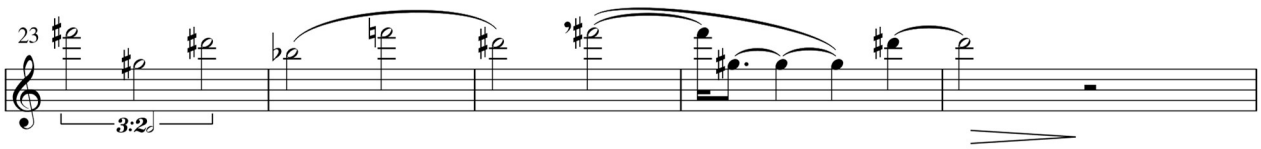


Figura 84 - Ironias temperadas. Imagem do autor.

No geral essas são as atitudes tomadas diante do parâmetro da altura no instrumento acústico, algumas decisões são tomadas para facilitar a execução de trechos na flauta e outros casos são acolhimentos a algumas ideias que surgem após a manipulação dos processos algoritmos, no entanto, estas abordagens fogem do tema desta dissertação, e, portanto, não serão abordadas neste texto.

4.1.2. A ESTRUTURA MELÓDICA

A estrutura melódica usada nesta peça é construída tendo como base o processo descrito no item 3.3.1. Com algumas diferenças, a mais importante é o tipo de perfil utilizado. Optamos por um perfil que seja genérico e que possibilite muito material com poucas manipulações. Os números que o compõe são (2 1 3) que derivam, intuitivamente, de 19 11 97 – este perfil também está presente na espacialização sendo (1) para esquerda, (2) para o centro e (3) para a direita. Levamos ainda em consideração todas as suas manipulações possíveis sem contar repetições e sequências, assim obtemos os seguintes perfis: (1 3 2), (2 1 3), (2 3 1), (3 1 2). Após isso, constrói-se a possibilidade aleatória de unir dois perfis quando o último número do primeiro perfil e o primeiro número do segundo perfil são iguais, ou seja, quando o perfil (1 3 2) é seguido por (2 1 3) podemos ter uma união dos números 2, obtendo o perfil (1 3 2 1 3). Esses são escalados aleatoriamente para a quantidade de notas que passam após o filtro de alturas que podem ser tocadas por instrumentos acústicos (no objeto *filter-ac-inst* da biblioteca OM-JI). Por exemplo, na Tonalidade-Diamante com os números (16 27 35 38 49 54 60) temos 7 alturas, portanto o perfil (1 3 2) é escalado para (1 7 4), como usamos 2 oitavas da Tonalidade-Diamante temos 14 notas (7 + 7), usando as 14 alturas temos o seguinte perfil (1 14 8),

no entanto, aleatoriamente podemos ter qualquer número de alturas de 3 até 14, o que pode gerar os seguintes perfis: (12 9 11), (3 7 5), (12 7 10), entre outros. Abaixo temos a *primeira frase construída*, em 2019, com a avaliação deste processo. Os números abaixo da figura se referem ao perfil e os números em negritos se referem a união de dois perfis, como demonstrado acima.

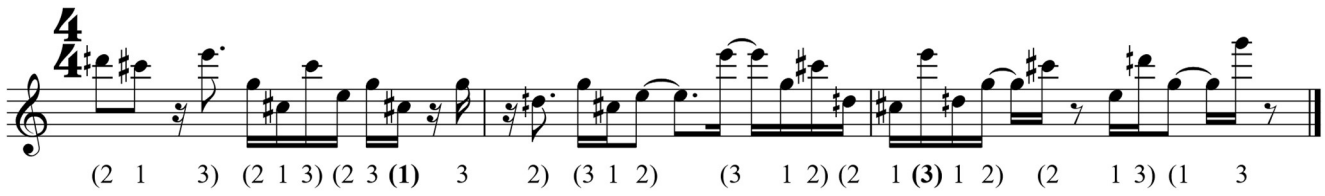


Figura 85 - Avaliação do algoritmo seguindo as variáveis mencionadas acima[76]. Imagem do autor.

Em alguns momentos alteramos para o perfil (11 8 3 11 5 6). Abaixo segue um exemplo encontrado nos compassos 18-20, os números abaixo da primeira pauta representam o perfil do crivo.

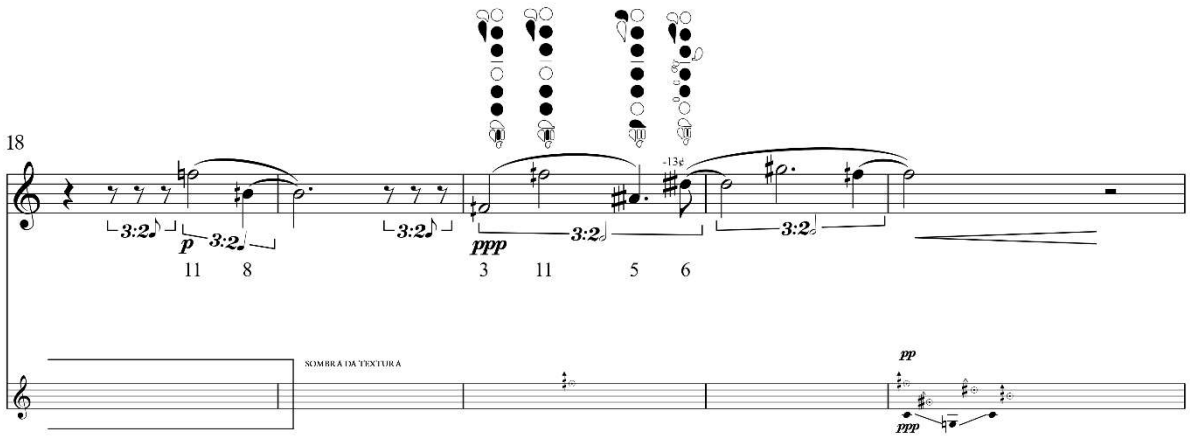


Figura 86 - Exemplo utilizando o perfil (11 8 3 11 5 6). Imagem do autor.

Diante da ideia composicional, principalmente a partir da Cadenza fiz muitas alterações do perfil (11 8 3 11 5 6). Primeiramente, no algoritmo, por almejar estruturas ascendentes, escolhi as partes do perfil do crivo que forneciam isso. Em um primeiro momento o perfil (11 8 3 11 5 6) sugere estruturas descendentes, no entanto ao inverter (6 5 11 3 8 11) encontramos o que procurávamos em (3 8 11). A partir desse fragmento construí os primeiros arpejos da Cadenza com a inclusão de notas

[76] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 85*.

repetidas. Em outras palavras, no fragmento abaixo (cf. figura 87), o segundo F♯, o segundo G♯ e o segundo F♮ são colocados por nossa escolha e modificação dos resultados do algoritmo.

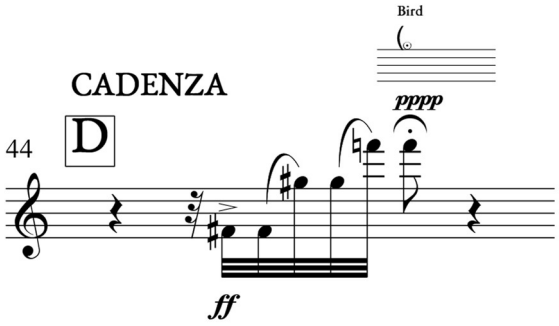


Figura 87 - Exemplo da construção da Cadenza a partir de (3 8 11)[77]. Imagem do autor.

Essas modificações são incluídas pois ao solfejar (provavelmente reduzindo o âmbito dos saltos) os resultados do algoritmo, tive lembranças da obra *Sonatine for Flute and Piano*[78] de Henri Dutilleux, obra que tive oportunidade de ouvir em excelentíssima execução por Denusa Castellain e Clenice Ortigara em 2016, Curitiba. Esse trecho deriva de um dos temas desta Sonatina e também de sua Cadenza.

4.1.3. AS ESTRUTURAS RÍTMICAS

Para essa obra não seguimos a estrutura rítmica apresentada em 3.3.1. Não por motivos composicionais ou estéticos, mas por motivos temporais, comecei a construir a obra antes de implementar satisfatoriamente o processo descrito no capítulo 3.3.1. O processo foi algorítmico, no entanto aleatório. Selecionei algumas células referentes à música popular brasileira, principalmente células do samba e do baião, ainda adicionei todas as variações possíveis com tercinas de colcheia e semicolcheia (essas com probabilidades menores de acontecer), a partir dessa seleção construí um processo que separava cada ataque (com sua duração) e os misturava aleatoriamente. Após esta variação acrescentei o gesto em septinas (de forma não algorítmica) que tenta imitar a rapidez de um pássaro. Esse é o processo geral das estruturas rítmicas de base, as pausas e os trilos foram incluídos

[77] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 87*.
[78] Obra disponível em: < https://youtu.be/3BTLp-atekY > com a performance de Emmanuel Pahud (flauta) e Eric Le Sage (piano).

após o processo algorítmico por acolhimento de ideias musicais minhas ao tocar e solfejar os processos gerados.

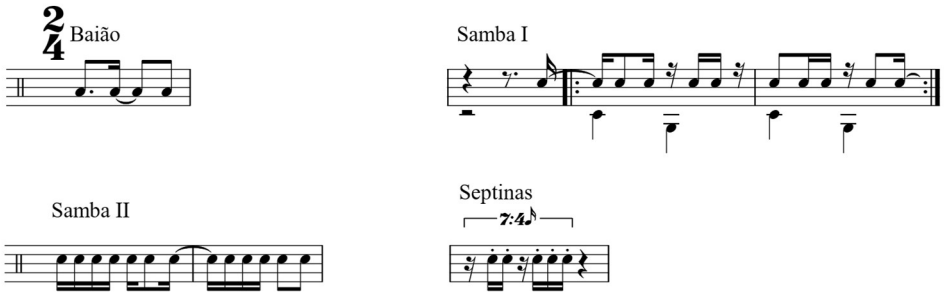


Figura 88 - Motivos rítmicos utilizados para a construção de nosso algorítmico. Imagem do autor.

No compasso 18 ao 21 incluímos uma mudança temporal. Sugerimos (na bula) que o instrumentista leia esse trecho com a Unidade de Tempo de tercinas e não de semínima como normalmente no 4/4. Em outras palavras, após o segundo tempo do compasso 18, os valores rítmicos devem ser contados com vários valores de tercinas de colcheias agrupadas, seguindo a seguinte ordem (números negativos são pausas): (4 11 -3 4 4 3 5 6 8). Acreditamos que com esta estratégia há uma alteração na percepção temporal do próprio instrumentista e consequentemente do(a) ouvinte. Esta mudança nos interessa, neste compasso, por estarmos na transição entre a temporalidade do pássaro e a temporalidade da baleia.

Na imagem abaixo, os números sob a primeira pauta indicam quantos valores únicos de tercinas de colcheia compõem cada ataque. É importante ressaltar que um valor de tercina na semínima igual a 80 é igual a um valor de semicolcheia na semínima igual a 60. Esta transição é utilizada novamente no compasso 44.

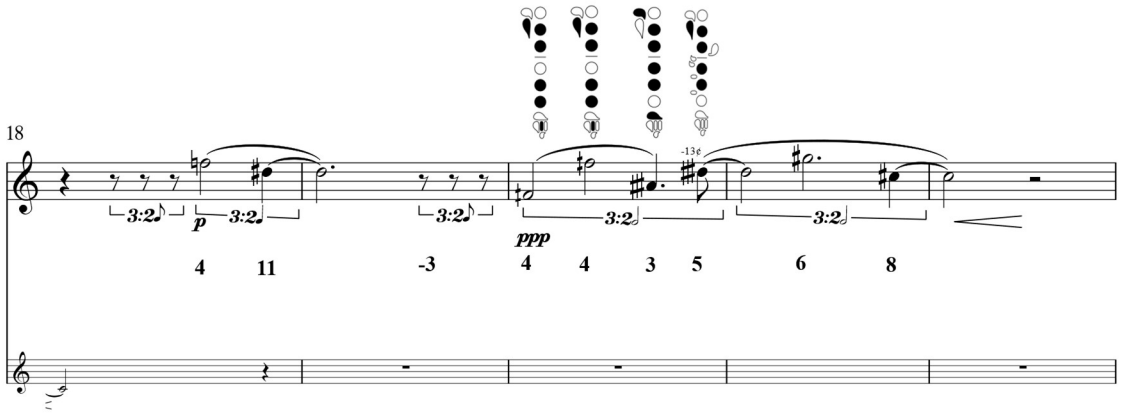


Figura 89 - Demonstrando a estrutura interna do compasso 18 até 21. Imagem do autor.

Do compasso 30 até 41 os ritmos voltam ao processo derivado de ritmos brasileiros, porém com muitas alterações e acréscimos de pausas. Ao final da obra (a partir do compasso 44), o ritmo é escrito fora do processo algorítmico composicional.

4.1.4. MANIPULAÇÕES TIMBRÍSTICAS

As manipulações timbrísticas usam somente *samples* de flauta. As alterações de parciais utilizam uma das seguintes uniões de unidades somatórias (11 19), (11 97) ou (19 97) com limite inferior 16 e limite superior de 225 ou 434. Para criar as estruturas de Afinação utilizamos a sobreposição segundo Johnston usando os harmônicos 1997, 97, 19 e 11. Todas essas estruturas foram utilizadas em conjunto com o *Caçador de timbre* apresentado anteriormente, ou seja, para esta obra, em cada *sample*, buscamos a estrutura de afinação que dê conta de alterar cada parcial do espectro a partir de uma distorção mínima de 50 cents e máxima de 200 cents (exemplos disponíveis no link < https://bit.ly/2V6ey45 >). A maioria dos *samples* utilizadas são de arquivos de texto, os quais permitem um controle da velocidade de reprodução do espectro, por isso deve-se, caso o(a) leitor(a) queira realizar alguns testes, utilizar o patch denominado *reprodução de samples txt* (também disponível no link acima).

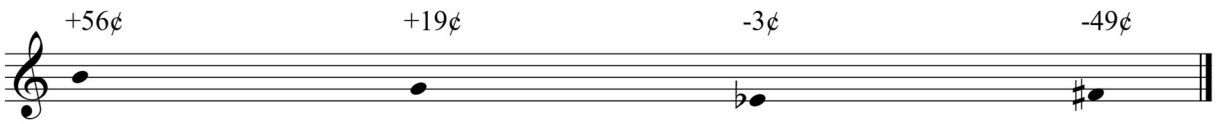


Figura 90 - Representação dos 4 harmônicos usados no contexto da peça tendo como nota de referência a nota C[79]. Imagem do autor.

4.1.5. A CONSTRUÇÃO DE TEXTURAS

Neste tópico abordaremos alguns detalhes de como controlei a textura na obra. Focarei principalmente na textura criada a partir da letra D. Para ela temos o patch da figura 91. Nele criamos formas de controlar a execução de um espectro modificado de um *sample* de Flauta Staccato. Para

[79] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 90*.

isso construímos um segundo arquivo de texto que controla os *samples*, a dinâmica e a duração. No texto do exemplo abaixo, sob o objeto *voice->text*, temos em cada linha o momento no tempo que o *sample* iniciará (primeiro número de cada linha), o *sample* que o Max/MSP carregará (segundo número de cada linha), a dinâmica (terceiro número de cada linha), o canal MIDI (o canal número 1 é referente aos samples modificados de Flauta Staccato) e, por fim, quanto tempo esse *sample* será tocado em milissegundos.

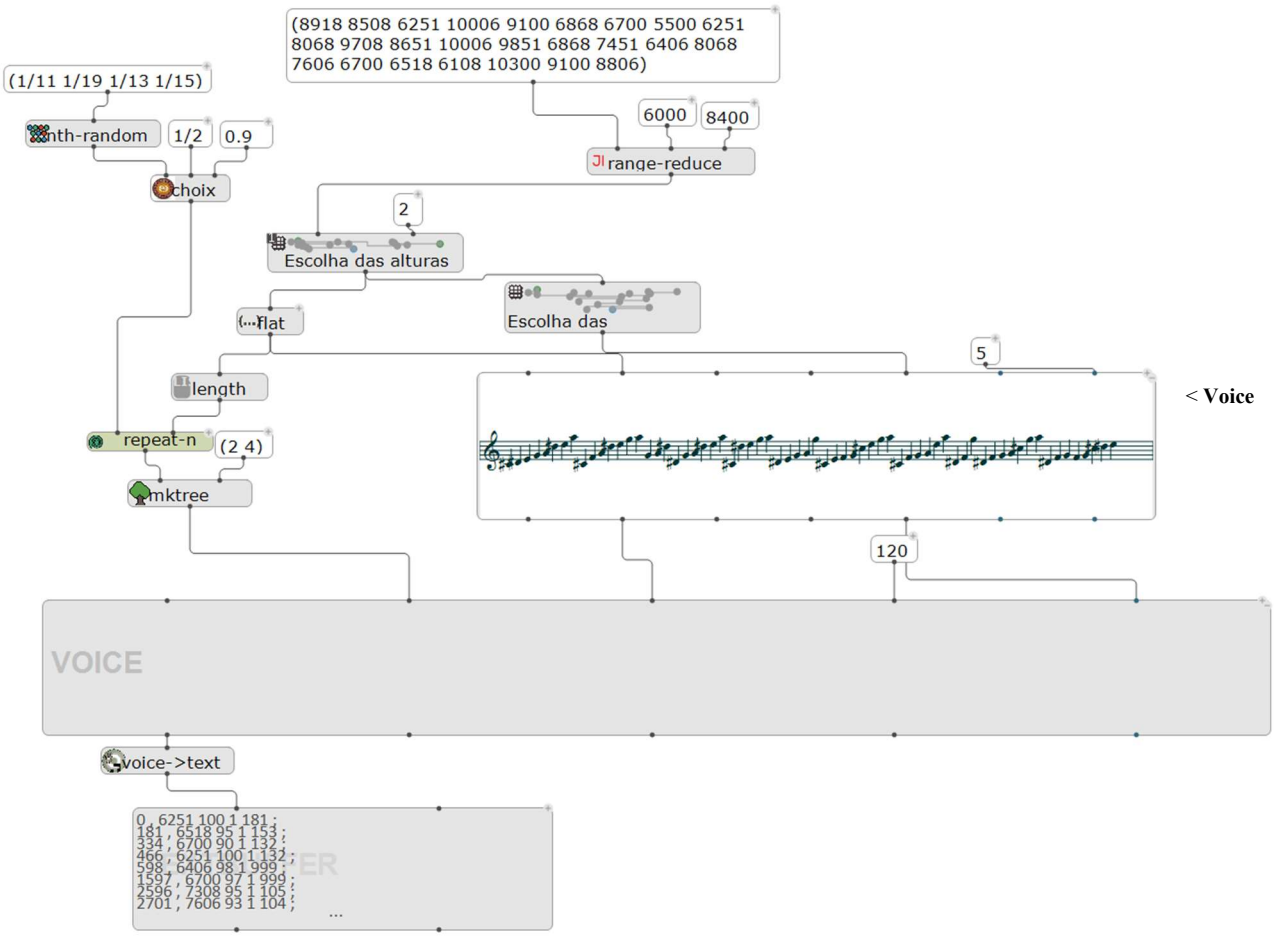


Figura 91 - Um controle para as texturas. Imagem do autor.

Observando as estruturas de alturas do objeto *voice* (que imita a partitura) cf. figura 91, veremos que elas não seguem o perfil do crivo, no entanto, o tamanho dos arpejos ascendentes segue. Haverá arpejos de 11 notas (tocarão 11 samples diferentes), depois de 8, depois 3 e assim sucessivamente se o perfil for: (11 8 3 11 5 6). O perfil também pode ser invertido, seguindo (6 5 11 3 8 11). Quando houver notas repetidas as retiramos da sequência, fazendo que um arpejo fique menor (por isso o primeiro arpejo tem somente 8 notas). Observe também que optamos por controlar

estatisticamente a aparição de notas longas na reprodução desses arpejos, o objeto *choix* faz isso (faz parte da biblioteca Alea[80] desenvolvida por Mikhail Malt). Nesse caso há uma probabilidade de 10% de termos um *sample* que será tocado lentamente, mostrando sua estrutura de Afinação (pois foi modificado) como acorde e não como timbre. Essas escolhas têm reflexo poético na ideia de como a percepção de algo em temporalidades diferentes pode ser diferente.

Finalizando, há a avaliação deste processo 3 vezes, gerando 3 'vozes' diferentes. Essas vozes são usadas na eletrônica e algumas poucas vezes são repetidas na flauta – conforme os arpejos descendentes do compasso 45 e 46. Todos esses arpejos geram uma grande textura. Observe ainda que há duas vozes com arpejos descendentes e uma de arpejos ascendentes. Gerando algo equivalente ao representado na figura 92 – essa textura pode ser ouvida no seguinte link: < https://bit.ly/34eHZWM >. Devemos destacar que a alturas da figura 92 são totalmente microtonais, a partitura não representa isso pois ela não é utilizada no processo do MAX/MSP (utilizamos texto) e o software utilizado (o Sibelius) para a notação dessas estruturas dificulta extremamente notações microtonais precisas, portanto, a imagem abaixo é somente ilustrativa.

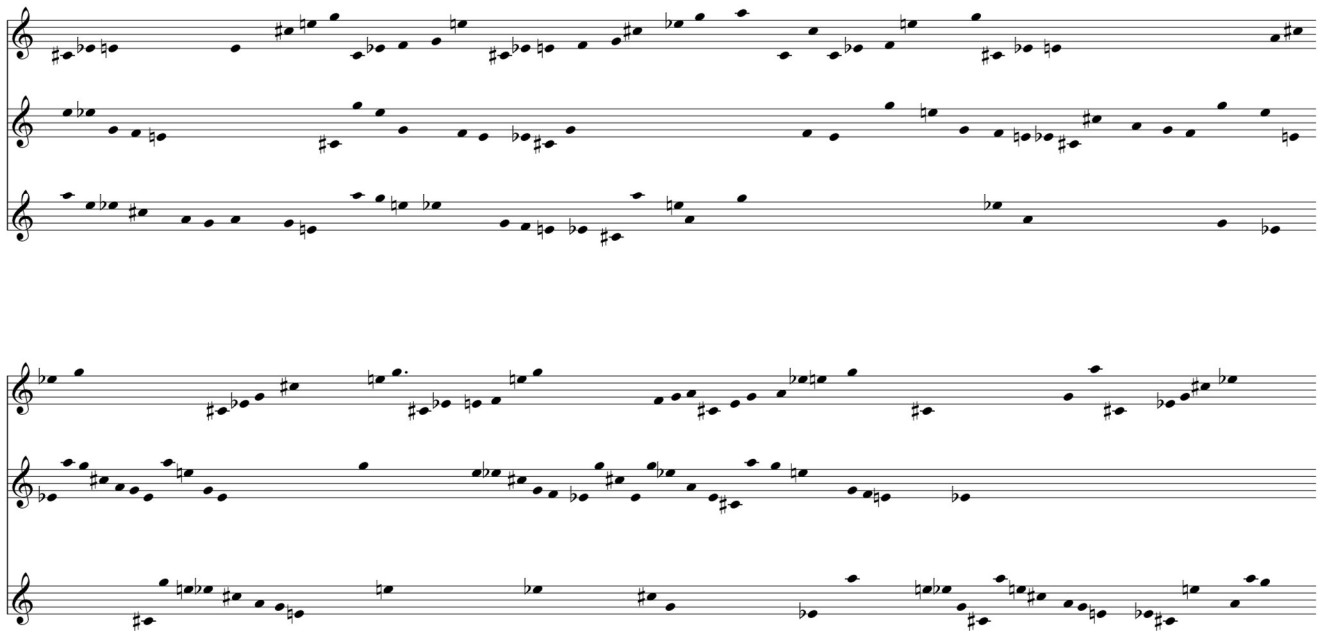


Figura 92 - Exemplo de avaliação do processo[81]. Imagem do autor.

[80] Disponível em: < https://github.com/openmusic-project/Alea/releases/ >.
[81] Esta figura pode ser ouvida em: < https://bit.ly/3o2nSCa >, o nome de seu arquivo é *Figura 92*.

Demais texturas como no compasso 4-6, na letra B e outras pequenas passagens seguem todas o mesmo processo, obviamente com algumas modificações estéticas para adquirir coerência e para o uso de outros *samples*.

4.1.6. BREVE COMENTÁRIO SOBRE LIVE-ELECTRONICS

Um dos motivos que me faz usar *live-electronics* e não uma eletrônica pré-gravada é a questão de dar ao (à) instrumentista uma sensação de tocar com uma estrutura fluida, não fixa. Em minha concepção, o (a) instrumentista deve sentir a *live-electronics* como um apêndice ao seu instrumento, de modo que ele(a) se empodere a ponto de ter a sensação de um solista em um concerto, com uma orquestra seguindo suas frases assim como ele(a) as frases da orquestra. Em minhas aulas de regência, uma das obras mais desafiadoras foi o *Concerto no. 2 para Violino* de Béla Bartók, justamente porque, como regente, não era eu quem controlava a performance como tínhamos experenciado até o momento, não era eu que vinha com uma concepção pronta de uma obra e a passava aos instrumentistas. Tinha-se uma troca, de modo que em algumas mudanças de andamento, nas quais queria mais rápido, tinha que ir mais devagar pois o violinista estava tocando de outra forma e, naquele momento, eu só o acompanhava com a orquestra. Lembro de sentir de fato uma conexão musical (acredito que quem já tocou em algum conjunto saiba melhor do que estou falando) com o violinista depois da passagem de alguns trechos, em outras palavras, eu tinha entendido a concepção musical daquela obra a partir do que eu estava ouvindo. É por aí que está meu desejo composicional em relação à *live-electronics*, fazer com que o (a) instrumentista sinta essa conexão <u>*musical*</u>, de modo que ele(a) possa entender a minha concepção musical ao mesmo tempo que propor a sua.

Para trazer isso para a realidade computacional, além de usar o Antescofo[82] (*Score Following*), fiz com que todos os *samples* e texturas sejam controladas pela temporalidade do(a) instrumentista. Essa temporalidade é mensurada pelo Antescofo ao comparar a duração dos eventos que entram como dados via arquivo de texto e a duração dos eventos tocados pelo(a) flautista, havendo constantemente o cálculo de qual o andamento médio que o(a) instrumentista está naquele momento. Ressaltamos que, para uma impressão mais realista de conexão, não há nada além de *samples* pré-gravados na

[82] Antescofo é um programa desenvolvido por Arshia Cont, em 2007 no IRCAM, em colaboração com o compositor Marco Stroppa. Seu objetivo é auxiliar a sincronização da eletrônica em performances ao vivo.

obra, fazendo com que o *patch* crie as frases e texturas em tempo real, com base na temporalidade do instrumentista[83].

Para que nada estivesse fixo em uma temporalidade tive que criar o objeto *voice->text*. Com este objeto temos uma linha do tempo organizada em milissegundos, como dito anteriormente. Para que essa linha tenha fluidez calcula-se qual deve ser a temporalidade para que o objeto *metro* (o relógio que controla a reprodução dos *samples*) siga a média temporal que o Antescofo calcula (que parece ser bem fiel). Abaixo temos o *patch* que controla a reprodução dos dados advindos do objeto *voice->text* no evento 80.

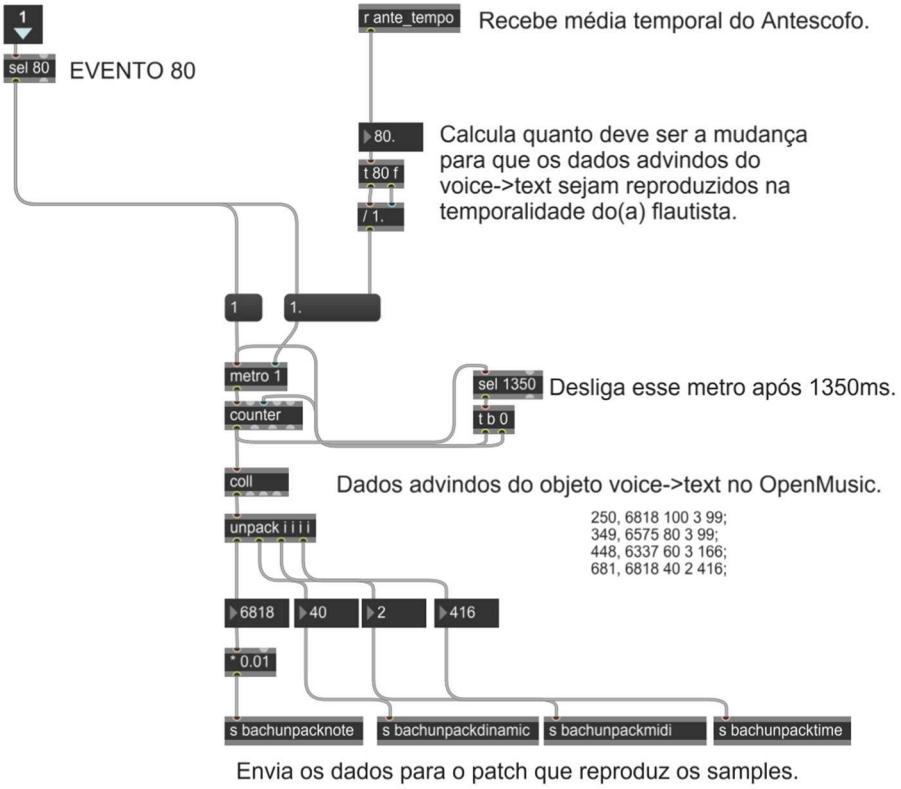


Figura 93 - Patch utilizado para transferir fluidez temporal para a reprodução de samples. Imagem do autor.

Como pode ser observado, o cálculo é simples. Se o(a) flautista está em um andamento médio de semínima igual à 85, dividimos 80 por 85 obtendo 0.9411. 80 é o valor relativo ao andamento no qual o objeto *coll* (no *voice->text*) foi construído, ou seja, a estrutura rítmica foi pensada com a semínima igual a 80. Isso significa que o objeto *metro* executará a passagem contida dentro do *coll* um pouco mais rápida, mandando a cada 0.941 milissegundos um sinal ao *counter*, fazendo com que

[83] O único maleficio desta proposta é o processamento, a criação de tudo em tempo real exige muito do computador e mais ainda do Disco Rígido.

este objeto conte 1000 batidas (que aqui representam milissegundos mais rápidos) em somente 941 milissegundos (tempo real), aproximadamente.

Portanto, para concluir esse breve comentário, posso afirmar que com a simples implementação deste processo, a *live-electronics* se torna mais fluida e parece ter uma simbiose maior com o(a) instrumentista e principalmente com a temporalidade proposta durante a peça. Acredito que isso terá excelentes resultados ao implementarmos esse controle de forma mais geral e adicionar ao Antescofo um bom Envelope Following, permitindo o rastreamento de técnicas estendidas.

4.1.7. CONCLUSÕES DO PROCESSO COMPOSICIONAL

Concluo que, apesar de minha dissertação ser calcada em algoritmos, eles somente geram materiais, novamente ressalto que meu interesse é a CGA (CASTELÕES in BRESSON, AGON, ASSAYAG, 2016, p. 78). E, após dizer isso, posso responder à primeira pergunta feita em meu mestrado pelo Prof. Luiz Castelões: Você está interessado em compor obras ou compor processos? Finalmente respondo que *sou um compositor de processos*, estou interessado em criar processos composicionais e também tecnológicos, não vejo motivo de compor mais uma obra no mundo só porque sou um compositor. Por isso, daqui em diante, pretendo compor mais devagar e pensar melhor no que estou fazendo, o processo é mais motivante. Refletir sobre algo que quero simplificar tanto que posso transferir esse pensamento para o computador e após essa transferência, gerar esqueletos, sem ambiguidades, vendo emergir ideias musicais, sensações, possibilidades, lembranças. Em sequência, iniciar o ato de esculpir algo que demorei para gerar, poder revisar e refletir. Essa sequência, proposta pelo prof. Luiz, passou a me interessar mais do que apenas compor. Creio que será um bom exercício para mim, como artista e indivíduo, impor-me essa temporalidade de escrita mais devagar e detalhista, mesmo sendo mais complexa e às vezes angustiante.

Fazendo uma retrospectiva, observo que esse modo de compor me aproxima de minha vivência musical pré-academia, sempre tive que lidar (e ainda lido < https://www.charlesneimog.com/arranjos >) com arranjos de músicas que eram tradicionais da Igreja (IECLB) na qual trabalhava, exercendo minha criatividade com limites e inúmeras restrições. Não se podia mudar o compasso, a harmonia, não podia fazer linhas melódicas difíceis pois o coro era amador. Em resumo, não podíamos fazer quase nada. Acredito que era mais criativo com essas limitações do que hoje com as possibilidades infinitas da eletrônica.

Pode ser por isso que sinto tanta dificuldade, por exemplo, em construir ou criar música atonal, pois em teoria, posso fazer o que eu quiser, desde que não seja incoerente. Não me sinto à vontade com tamanha liberdade composicional. No início de uma composição musical, ter somente o papel em branco me incomoda, meu processo composicional sem uma série enorme de restrições não funciona, é chato, não é transformador e não sou criativo. Em outras palavras, com os processos apresentados, assim como Igor Stravinsky (1996), proponho uma série de restrições de materiais antes de iniciar o processo de composição e para cada obra individualmente opto por criar uma série diferente de restrições que, na maioria das vezes, são embutidas em processos. Logo, com esses materiais, criados a partir dos processos apresentados anteriormente, que me forço a seguir o máximo possível, volto, de certa forma, ao que me motivou a estudar música: àquele lugar onde se transforma e, principalmente, cria-se através de transformações. Quero transformar as coisas de uma forma bem devagar e me impor isso. É isso que me interessa e é nisso que sinto vontade de me expressar como artista e como ser.

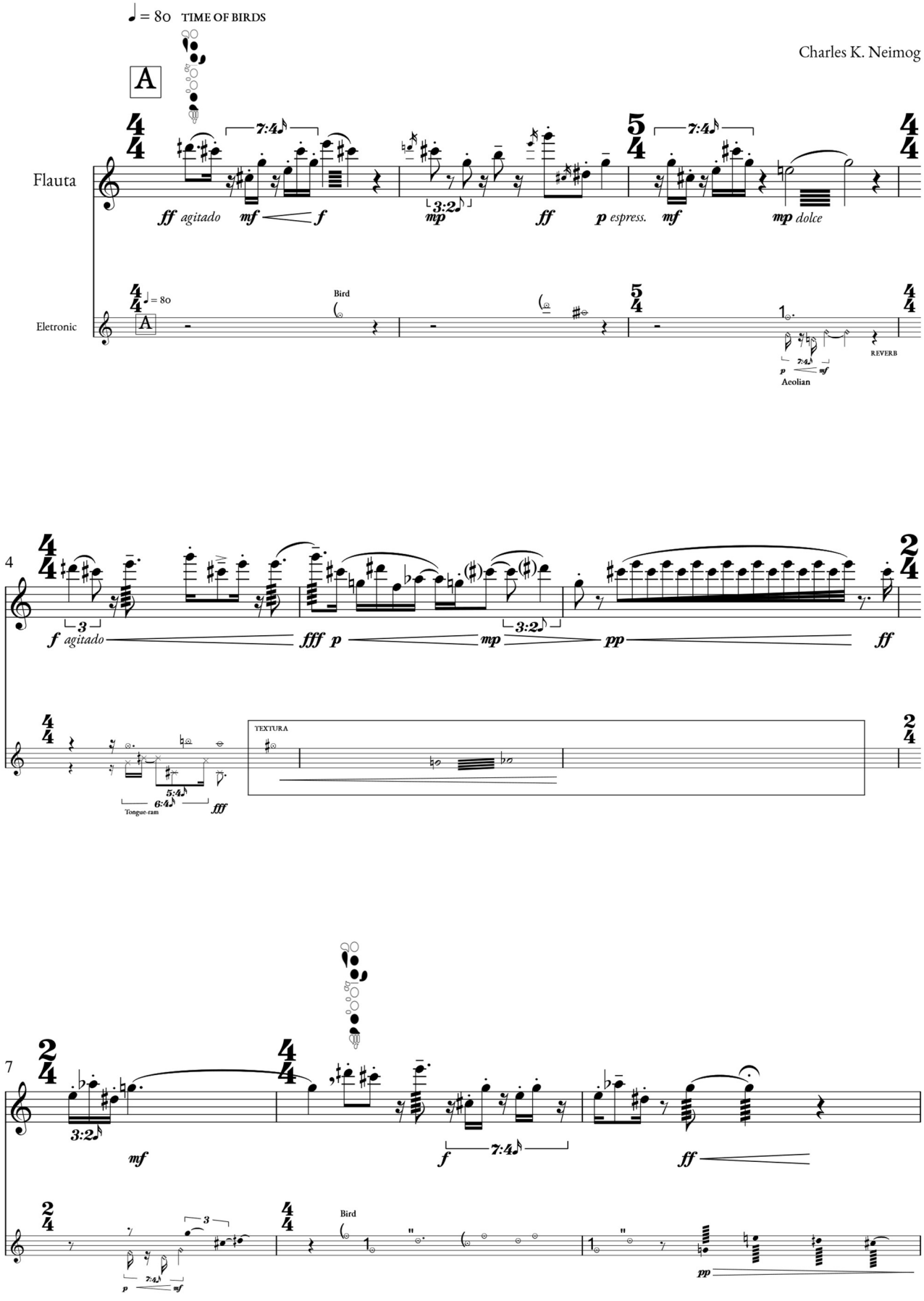
Voltando à questão do trabalho com o parâmetro da altura, ele nunca foi impulsionado pelo fato de eu ser um compositor que goste ou tenha uma predileção a este parâmetro, ele era meu maior problema composicional. A altura sempre foi o parâmetro que me fazia voltar à composição e trocar, trocar e trocar, mas nunca chegar em um resultado bom o suficiente, pelo menos não perto daquilo que imaginava. Com todos os processos desenvolvidos, principalmente aqueles que restringem escolhas, *me sinto livre para pensar em outros parâmetros* e esse é o maior resultado de minha pesquisa. O atonalismo nunca foi uma opção para mim, bem como a falta de centralidade. E por isso, pelo incômodo gerado pela falta de estruturas condizentes com minha poética no parâmetro da altura, gastava tanto tempo pensando sobre como organizar esse parâmetro que simplesmente esquecia dos outros.

Eu quero pensar em arcos energéticos, em gestos, em ritmos e outras infinitas coisas. Acredito que agora posso seguir essa busca de fechar lacunas composicionais, criando arcabouços fechados em si mesmos, nos quais o trabalho pode ser criticado, no entanto ele não desmorona. A obra em si é uma coisa bem feita que se sustenta por si só. Com a união de todas as teorias expostas, da forma como foram expostas, consigo de volta uma liberdade que me tirei ao me obrigar a parar de compor música tonal.

4.2. ARABESQUE | 19 11 97

A seguir expomos a versão final de nossa obra *Arabesque | 19 11 97*:

Arabesque | 19 11 97



2

B TIME OF WHALE

10

PITCH-SHIFT ↓ Quarto de tom
- Quarto de tom

gliss.

espress. e longo

pp *mf* *pp leve* *f*

B

TEXTURA COM FLATTERZUNGE

14

mp

*
Sugere-se buscar uma sonoridade próxima da eletrônica.

-13¢

pp *f*

AEOLIAN

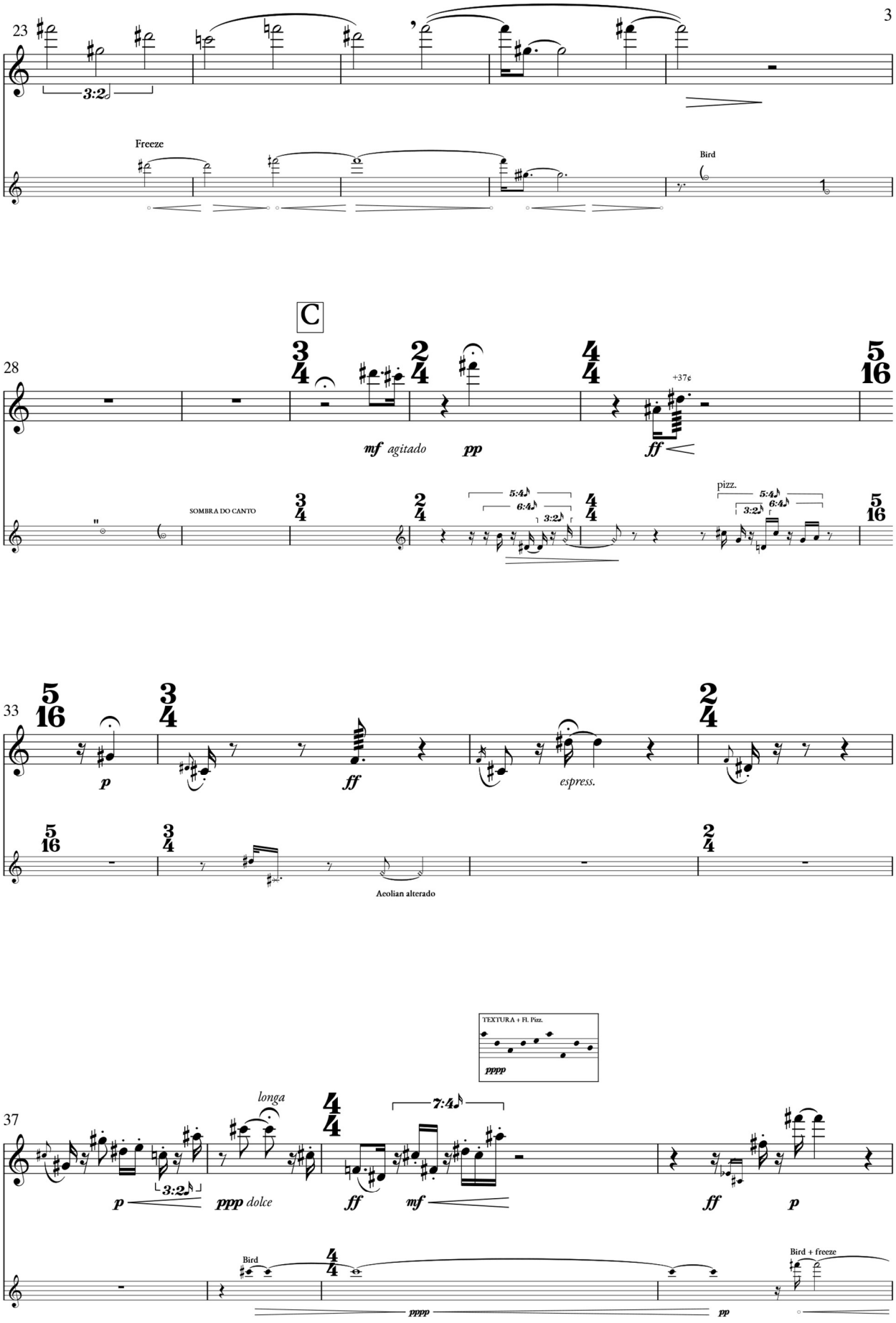
TEXTURA

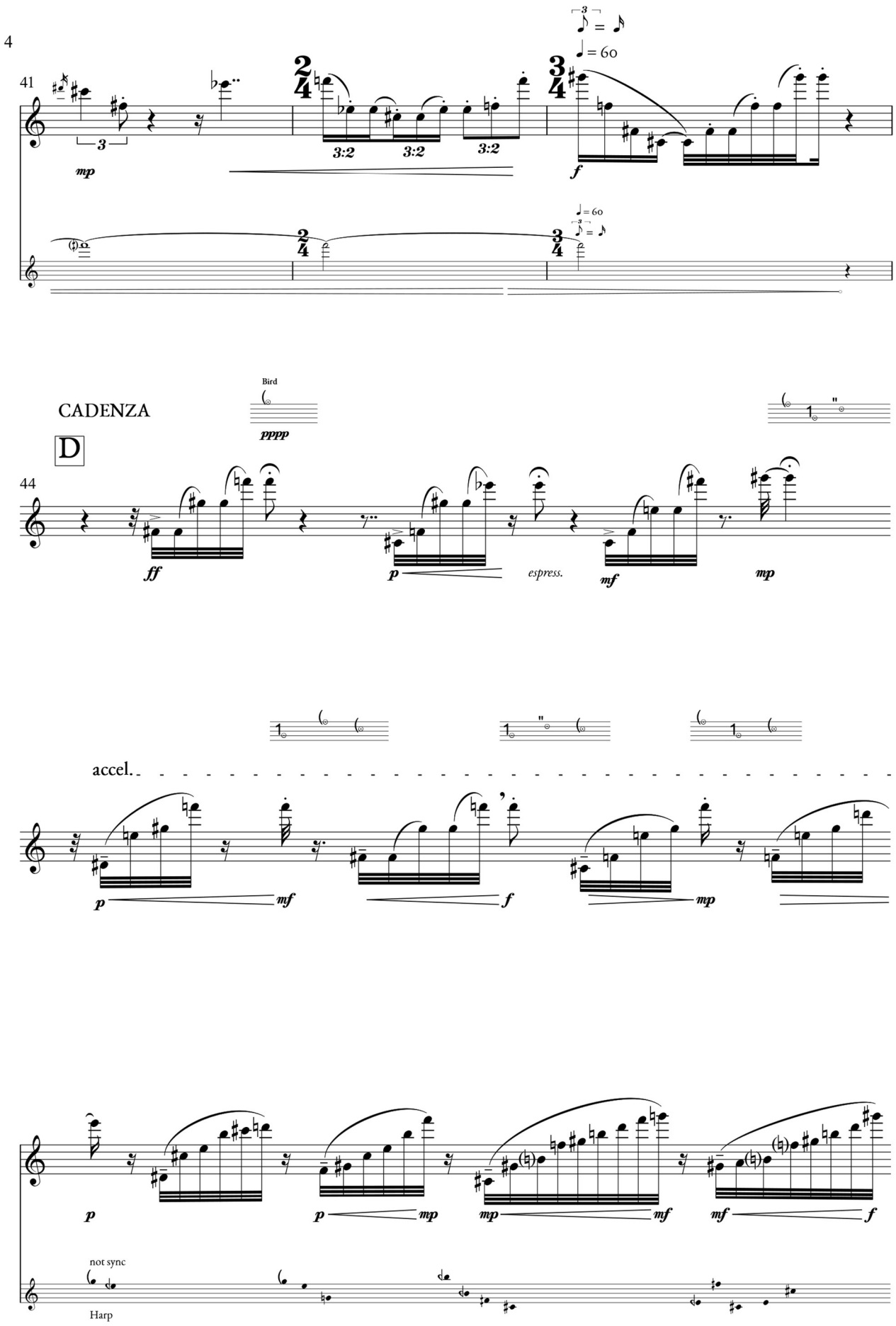
18

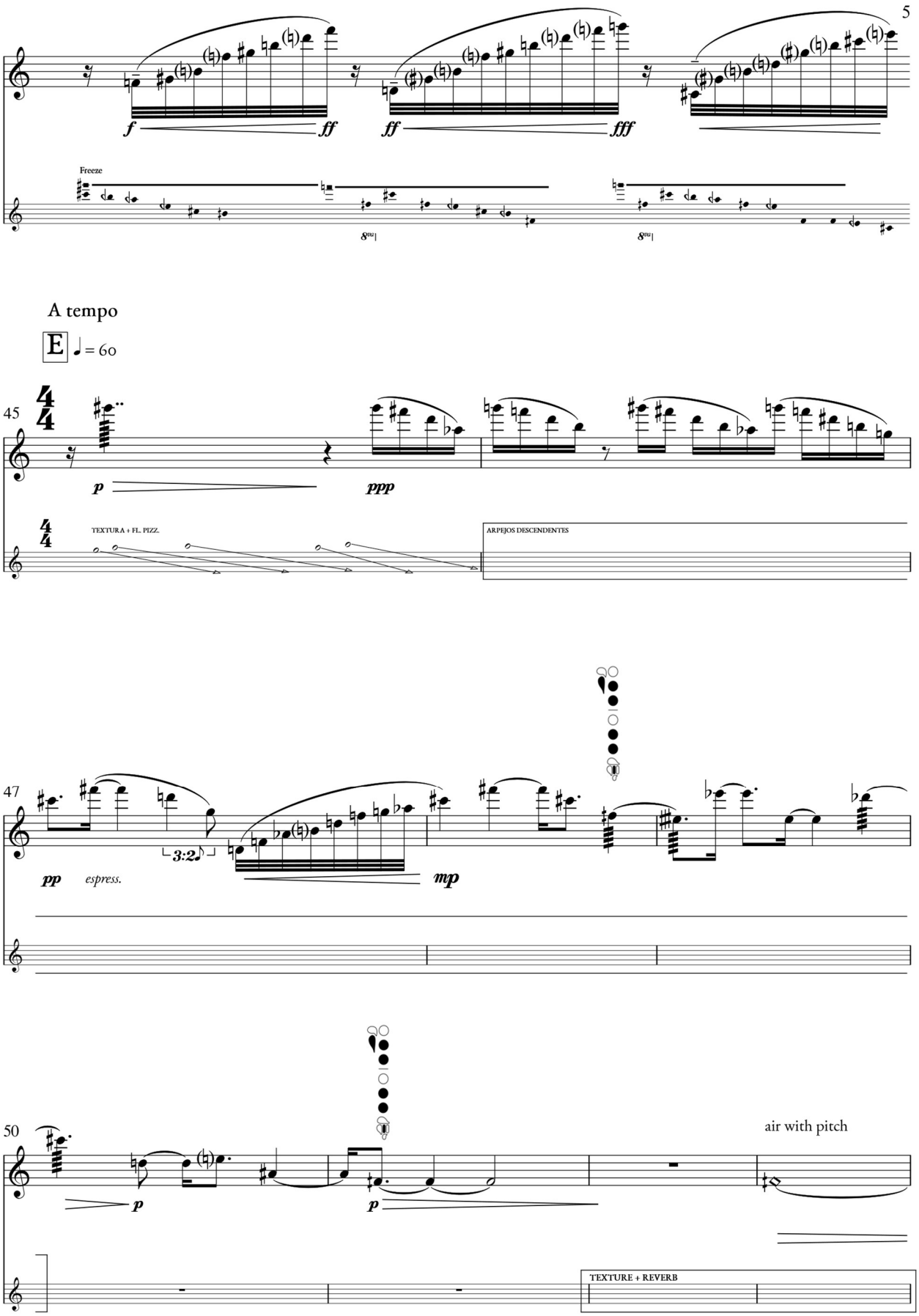
3:2 *p* 3:2 3:2 *ppp* 3:2 -13¢ 3:2

SOMBRA DA TEXTURA

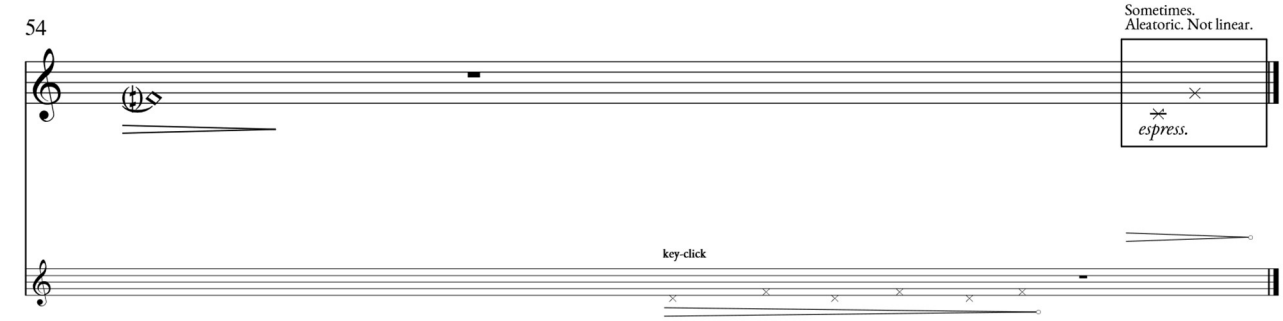
pp *ppp*


3
23
3:2
Freeze
Bird
C
28
mf agitado
pp
ff
+37¢
SOMBRA DO CANTO
5:4
6:4
3:2
pizz.
33
p
ff
espress.
Aeolian alterado
TEXTURA + Fl. Pizz.
pppp
37
longa
3:2
ppp dolce
7:4
mf
Bird
Bird + freeze
pp


4
41
mp
3:2
3:2
3:2
f
= 60
CADENZA
Bird
pppp
D
44
ff
p
espress.
mf
mp
accel.
p
mf
f
mp
p
p
mp
mp
mf
mf
f
not sync
Harp


5
f
ff
ff
fff
Freeze
A tempo
E
= 60
45
p
ppp
TEXTURA + FL. PIZZ.
ARPEJOS DESCENDENTES
47
pp
espress.
3:2
mp
50
p
p
air with pitch
TEXTURE + REVERB

6



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa perpassamos pelas teorias de Afinação de Harry Partch, Ben Johnston e Erv Wilson. Em sequência apresentamos a teoria dos crivos de Iannis Xenakis a partir do uso que propomos em nosso contexto composicional, que por isso, baseia-se na análise de Exarchos (2011). Após a apresentação dessas teorias mostramos o processo de implementação no OpenMusic, concluindo com a exposição do processo composicional de *Arabesque | 19 11 97*. Obviamente a escrita e o ato de compartilhar conhecimento pressupõe alguma linearidade, no entanto, já no início de nosso percurso de pesquisa conhecemos a teoria de Erv Wilson. Essa coincidência foi fundamental para esse trabalho, pois a teoria permitiu unir a Afinação Justa e a teoria dos crivos através do entendimento de cada número não-primo como uma intersecção de números primos, criando conexões e coerências entre diferentes harmônicos. Para além da coerência, com Wilson e Xenakis emerge uma conexão musical entre números altos, não visível se pensada somente no contexto da série harmônica. E por fim, através dos crivos tivemos um outro produto útil no contexto atonal, a simetria. Com todas essas conexões e subprodutos, acredito que resolvo (pelo menos em meu contexto criativo) o problema inicial de minha pesquisa, a organização harmônica da música microtonal. Desta forma, a altura passa a ser mais um parâmetro dentre os parâmetros musicais, não sendo mais aquele problemático e insolúvel.

Portanto, através da intersecção de Partch, Johnston, Wilson e Xenakis concluo que os números filtrados através dos crivos possibilitam criar coerência entre diferentes parâmetros musicais, perpassando a criação de timbres e melodias até o controle de *samples*. Especialmente em meu contexto criativo, os números filtrados pelos crivos constroem um limiar no pensamento composicional. Limiar esse necessário, em minha percepção, dentro do ambiente eletroacústico, já que nele perdemos os limites próprios da *performance* acústica, como por exemplo a limitação da execução de microtons ou limitações próprias de alguma técnica estendida. De modo complementar, a união entre a Afinação Justa, teoria dos números através dos crivos e a abordagem tecnológica, constrói estruturas pré-composicionais fortes dentro de meus objetivos criativos, pois faz emergir, entre diferentes e complexos processos, a expressividade.

Um segundo ponto de minha conclusão é relativo ao parâmetro da altura como um todo, espero ter demonstrado ao(à) leitor(a) que o pensar da altura vai além das questões melódicas e harmônicas. Repito a frase de Roads (2016, p. 237): “As harmonias microtonais podem tornar-se tão complexas que se transformam em timbre e texturas”, assim como podemos construir gestos musicais pensando sobre contorno melódico, entre diversas outras abordagens. E nesse sentido, a preocupação com o parâmetro da altura pelos(as) compositores(as) dos séculos anteriores não pode justificar o seu

abandono, muito menos a aceitação ou uso de qualquer altura. Defendo e acredito que devemos pensá-lo junto com os demais, talvez almejar um mesmo nível. Isso aumenta a carga de trabalho por obra e, neste ponto, a Composição Assistida por Computador (CAC) pode auxiliar no processo de expandir os parâmetros nos quais o(a) compositor(a) trabalha uma vez que permite a construção de modelos.

Mas, apesar de uma excelente ferramenta, pude perceber que a CAC também permite que o(a) compositor(a) utilize estruturas e processos que por vezes ele(a) não tenha refletido. É através dessa observação que chego ao meu terceiro e último ponto. Entendo que, mesmo tendo teorias por detrás das implementações, somos muitas vezes influenciados pelo o que e como os softwares podem fazer música (COELHO DE SOUZA; FARIA, 2013, p. 6). Em outras palavras, principalmente após o trabalho de implementação das bibliotecas OM-JI e OM-Sieves, percebo que há um processo de aculturação e imposição de certas técnicas por grandes centros tecnológicos (IRCAM e CNMAT) e grandes empresas (Avid, Cycling '74). Estes dois processos são ainda maiores quando – além de não saber o que exatamente queremos e principalmente o que *não* queremos – nos dirigimos ao ambiente computacional com a ilusão de que Max/MSP e OpenMusic (e outros) são softwares neutros, como defendido na própria propaganda do Max/MSP: "explorar e desenvolver as *suas próprias ideias*", ou pior "a programação no Max começa em uma tela em branco, *livre de quaisquer estruturas*". Apesar de serem ferramentas poderosas, Max/MSP e OpenMusic carregam em si definições que por vezes não aceitamos ou na maioria dos casos nem pensamos sobre.

Compartilho o exemplo prático que gerou essa reflexão. O objeto *f->mc* converte Frequência (Hz) para Midicents no OpenMusic, porém há um pequeno detalhe, ele arredonda os Midicents. No caso do terceiro harmônico, que tem 701.95496¢, obtemos 702¢ e não os 701.95496¢. A princípio uma aproximação que não muda auditivamente o conteúdo harmônico de uma obra. No entanto, muda radicalmente quando trabalhamos com sobreposições gerenciadas pelos crivos. Neste caso específico, se não tivesse feito os cálculos a mão antes de implementação, usaria estruturas harmônicas que não fazem parte do que proponho nesta pesquisa. Ou seja, a decisão de alguém do IRCAM de arredondar os midicents no objeto *f->mc* afetaria parte de minha música e do que defendo/proponho nessa pesquisa. Não seria o fim de minha música, ela seria diferente. Mas eu não saberia que houve modificações nos processos que estou propondo, ou seja, algo meu seria modificado sem a minha consciência, por um descuido meu. Por isso, concluo que devemos ir para o ambiente eletrônico conhecendo nossa *poiesis* e sabendo o que queremos criar, qual música queremos fazer, e talvez, criar o hábito de desconfiar de processos prontos e já implementados. Pois, como pode ser observado, entender superficialmente ou não checar os próprios processos composicionais contribui para que haja imprecisões e desvios de propostas. Acredito que os softwares são desenhados para sempre termos algum resultado e as diferenças entre características podem ser comparadas a sutilezas da orquestração, por isso difíceis de serem percebidas. Por exemplo no Spear, independente de nossa

escolha da resolução de frequência, teremos algum resultado. Da mesma forma, ao colocar uma melodia (digamos que queremos uma melodia bastante contínua) para o clarinete que utilize notas do *chalumeau* e *clarinho* (ver ADLER, 2002, p. 206) teremos nossa melodia, no entanto ela terá o mesmo aspecto de continuidade caso só utilizasse notas no *chalumeau* ou *clarinho*? Talvez não, esse é o grau de sutileza que acredito haver na eletrônica e por isso passam desapercebidas, ainda mais pois o ato de percebê-las pressupõe um alto grau de conhecimento de programação e fórmulas/processos matemáticos, ou seja, ser apto a procurar essas características.

Dito isso, uma vez que o ambiente eletrônico é essencial em minha poética composicional (por permitir a execução de qualquer altura) e que percebo uma série de características que a incorporação da tecnologia traz junto de si – com o agravante de que essas características, em muitos casos, extrapolam os conhecimentos comuns/tradicionais (orquestração, harmonia) de compositores(as) –, saio desta pesquisa com dois novos problemas composicionais. O primeiro é a preocupação com a influência dos softwares em minha estética composicional e o segundo é o tênue limite entre pensar algoritmos e a fazer música (HOWE, 1972, p. 120 *apud* RIBEIRO, 2018, p. 174), entre ser compositor e ser programador. Assim, esta pesquisa criativa me trouxe novas perguntas como: Como posso, de modo a fugir de aculturações, conhecer os algoritmos de minhas obras? Como conciliar a parte de programação e a parte criativa? E talvez a pergunta que mais me interesse atualmente, como conhecer os processos utilizados em minhas obras e ao mesmo tempo não ficar somente estudando ou implementando processos? Essas são as perguntas e os problemas estéticos que levo para minhas pesquisas futuras.

Desta forma, termino afirmando que esta pesquisa possibilitou soluções para problemas estéticos que me incomodavam a algum tempo, ao mesmo tempo me moveu a outro problema estético que acredito ser pertinente a toda a humanidade, uma vez que se propõe refletir, através da arte, o que significa criar junto ao meio eletrônico sem ter a nossa própria estética influenciada, aculturada ou distorcida. Afinal de contas, o que significa fazer arte brasileira com softwares desenvolvidos na Europa/EUA? Espero poder entender este significado e ajudar não somente os(as) artistas que utilizam a tecnologia, mas que a arte seja o meio pelo qual estudamos e entendemos o significado da tecnologia no contexto da sociedade brasileira.

BIBLIOGRAFIA

ADLER, Samuel. *The Study of Orchestration*. 3ª ed. New York: W.W. Norton, 2002.

AGUIAR, Daniella; QUEIROZ, João. *Artefatos Cognitivos e Técnica de Dança*. Programa de Pós-graduação em tecnologias de inteligência e Design Digital. n. 4, p. 49-59, 2010. Disponível em: <https://www4.pucsp.br/pos/tidd/teccogs/artigos/2010/edicao_4/4-artefatos_cognitivos_e_tecnica_de_danca-daniella_aguiar-joao_queiroz.pdf>.

ANDREATTA, Moreno. *Méthodes algébriques en musique et musicologie du XXe siècle*: aspects théoriques, analytiques et compositionnels. Dissertation. École des Hautes Études en Sciences Sociales. 2003.

BERNARD, Jonathan W. *Space and Symmetry in Bartok*. Journal of Music Theory, 2006.

BOSSEUR, Jean-Yves. *Do Som ao Sinal*: História da Notação Musical. Curitiba-PR. Editora UFPR, 2014.

BURT, W. *Algorithms, microtonality, performance: eleven musical compositions*. 2007. 301 p. Disponível em: <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1754&context=theses>.

CAESAR, Rodolfo. O enigma de lupe. Pequena Biblioteca de Ensaios. Zazie Edições, 2016.

CASTELLO BRANCO, Marta Cardoso; QUEIROZ, João. *Técnica estendida para flauta transversal e criatividade transformacional*. OPUS v. 25, n. 3, p. 474, 2 dez. 2019. Disponível em: <https://www.anppom.com.br/revista/index.php/opus/article/view/opus2019c2521>.

CASTELÕES, Luiz. *Musicalising sonification*: Image-to-music conversion using OpenMusic. In:

BRESSON, Jean; AGON, Carlos; ASSAYAG, Gérard. The OM Composer's Book 3. IRCAM-Centre Pompidou: Editions Delatour France, 2016.

CHALMERS, John H. *An Anticipation of the Partch Diamond in Augosto Navarro's SystemaNatural Base del Natural-Aproximado (1927)*. 1/1, the Journal of the Just Intonation Network, v. 8, n. 2, p. 9–10 , 1994.

COPINI, Guilherme De Cesaro. Música Espectral: O Tempo Musical conforme Gérard Grisey. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campinas, 2010.

EKMAN, Petter. *The Intonation Systems of Harry Partch*. Iceland Academy of the Arts, Department B.A. in Composition. 2011. Disponível em: < http://skemman.is/stream/get/1946/8545/22578/1/Lokaritgerd.pdf>.

EXARCHOS, Dimitrios. *Iannis Xenakis and Crivo Theory an Analysis of the Late Music (1984-1993)*. Goldsmiths, University of London, 2007. 1-221 p. Disponível em: <http://research.gold.ac.uk/16958/>.

EXARCHOS, Dimitris; JONES, Daniel. *Crivo analysis and construction*: Theory and implementation. Proceedings of the Xenakis International Symposium, n. 3, p. 1–13, abr. 2011. Disponível em: <http://www.gold.ac.uk/cmru/xenakis-international-symposium/programme/>.

EXARCHOS, Dimitrios. *Inside/Outside Time*: Metabolae in Xenakis's Tetora. International Symposium Iannis Xenakis, 2005. Disponível em: <http://research.gold.ac.uk/15757/>.

FONVILLE, John. *Ben Johnston's Extended Just Intonation*: A Guide for Interpreters. Perspectives of New Music. v. 29, n. 2, p. 106, 1991.

GILMORE, Bob. *Changing the Metaphor*: Ratio Models of Musical Pitch in the Work of Harry Partch, Ben Johnston, and James Tenney**.** Perspectives of New Music. v. 33, p. 458–503, 1995.

GRISEY, Gerard; FINEBERG, Joshua. Did you say spectral? Contemporary Music Review: v. 19, n. 3, p. 1–3, 20 jan. 2000. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07494460000640311>.

HASEGAWA, Robert. *Tone representation and just intervals in contemporary music*. Contemporary music review, v. 25, n. 3, p. 263–281, 2006.

HAUBENSTOCK-RAMATI, Roman; FREEMAN, Katharine M. *Notation-Material and Form*. Perspectives of New Music v. 4, n. 1, p. 39, 1965. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/832525>.

HUEY, Daniel. *Harmony, Voice Leading, and Microtonal Syntax in Ben Johnston's String Quartet* No. 5. 2017. 146 p. Disponível em: <https://scholarworks.umass.edu/dissertations_2/878/>.

JEDRZEJEWSKI, Frank. *Dictionnaire des musiques microtonales*. Paris: L'Harmattan. 2003.

JOHNSTON, Ben. *Maximum Clarity*: and other writings on music. Bob Gilmore (ed.). Chicago: University of Illinois Press, 2006.

JONES, Evan. *Residue-Class Sets in the Music of Iannis Xenakis*: An Analytical Algorithm and a General Intervallic Expression. Perspectives of New Music v. 39, n. 2, p. 229–261, 2001. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/833569>.

KEISLAR, Douglas *et al. Six American Composers on Nonstandard Tunings*. Perspectives of New Music. v. 29, n. 1, p. 176–211 , 1991. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/833076>.

KEMPF, Davorin. *What Is Symmetry in Music?* International Review of the Aesthetics and Sociology of Musi.c v. 27, n. 2, p. 155–165 , 1996. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/3108344>.

LEVINE, Carin; MITROPOULOS-BOLT, Christina. *The techniques of flute playing II*. Aufl ed. Kassel; New York: Bärenreiter, 2002.

LOEFFLER, Dominik B. *Instrument Timbres and Pitch Estimation in Polyphonic Music*. School of Electrical and Computer Engineering Georgia Institute of Technology, 2006. 81p. Disponível em: <http://smartech.gatech.edu/handle/1853/10568>.

MACKAY, Alan L. *But what is symmetry?* Computers and Mathematics with Applications. v. 12, n. 1, p. 19–20, 1986.

MALT, Malt. *Les Mathématiques et la Composition Asistée par Ordinateur*. Paris: Atelier national de Reproduction des Thèses, 2003.

MONZO, Joe. *Quasi Just-intonation*. Disponível em: <http://www.tonalsoft.com/enc/q/quasi-just.aspx>. Acesso em: 14 abr. 2020.

MORTON, Lawrence; STRAVINSKY, Igor; CRAFT, Robert. *Conversations with Igor Stravinsky*. London: FaberMusic, 1959.

NARUSHIMA, Terumi. *Microtonality and the Tuning Systems of Erv Wilson*. Routledge, London and New York, 2018.

NEIMOG, Charles K.; RIBEIRO, Felipe de Almeida. *Uma Aproximação aos Sistemas de Afinação de Harry Partch e Ben Johnston*. Música Theorica v. 1, n. 2, p. 47–68, 2017.

NEIMOG, Charles Klippel; RIBEIRO, Felipe De Almeida. *Instrumentos eletroacústicos de tecla e seu uso na música microtonal*. OPUS v. 25, n. 2, p. 17, 21 jun. 2019. Disponível em: <https://www.anppom.com.br/revista/index.php/opus/article/view/opus2019b2502>.

NETO, Leandro da Silva. *Rizómata*: uma introdução às raízes da música de Iannis Xenakis. 2006. Dissertação (Mestrado em Musicologia) - Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. doi:10.11606/D.27.2006.tde-05072009-183519. Acesso em: 2019-12-20.

NICHOLSON. Thomas; SABAT. Marc. *Fundamental Principles of Just Intonation and Microtonal Composition.* 2018. Disponível em: <http://www.marcsabat.com/pdfs/JI.pdf>.

PARTCH, Harry. *Genesis of a Music*. 2ed. New York: Da Capo Press. 1974.

PUJADAS, Magda Polo. *Philosophy of Music*. Revista Portuguesa de Filosofia v. 74, n. 4, p. 1425–1436, 2018. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26563363>.

QUEIROZ, João. *Sistemas semióticos, artefatos cognitivos*, Umwelt - uma contribuição ao Design da Informação. Revista Brasileira de Design da Informação - InfoDesign , 2010.

RIBEIRO, Felipe De Almeida; NEIMOG, Charles K. *Impasses no uso de estruturas microtonais na composição eletroacústica*. OPUS v. 26, n. 3, p. 1, 28 jan. 2021. Disponível em: <https://www.anppom.com.br/revista/index.php/opus/article/view/opus2020c2615>.

RIBEIRO, Felipe De Almeida. *O impacto dos sintetizadores no processo composicional*. OPUS v. 24, n. 1, p. 167, 27 abr. 2018. Disponível em: <https://www.anppom.com.br/revista/index.php/opus/article/view/opus2018a2408>.

ROADS, Curtis. *Composing Electronic Music - A New Aesthetic.* New York: Oxford University Press, 2015.

ROEDERER, Juan G. *Introdução à física e psicofísica da música*. São Paulo: EDUSP, 1998.

SANDRED, Örjan. *Approaches to Using Rules as a Composition Method*. Contemporary Music Review v. 28, n. 2, p.149–165, abr. 2009. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07494460903322430>.

SQUIBBS, Ronald James. *An analytical approach to the music of Iannis Xenakis*: studies of recent works. Yale University, 1996.

STRAUS, Joseph Nathan. *Introdução à Teoria Pós-tonal*. São Paulo: Editora Unesp, 2013.

TENNEY, James. *From Scratch*: Writings in Music Theory. University of Illinois Press, 2015.

WILCOX, A. Gordon. *Perfect Fourths as a Scalar Option*. Perspectives of New Music v. 5, n. 2, p. 141, 1967. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/832164>.

WILLIS, L. S. *Comprehensibility and Ben Johnston's string quartet no. 9*. Music Theory Online, 25(1). https://doi.org/10.30535/mto.25.1.6. 2019.

XENAKIS, Iannis. *Formalized Music*: Thought and Mathematics in Composition. Pendragon Press, 1992.

XENAKIS, Iannis; VARGA, Bálint András. *Conversations with Iannis Xenakis*. London: Faber and Faber, 1996.

STRAVINSKY, Igor. *Poética musical em 6 lições*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996.