A manipulação do Timbre a partir de estruturas da Afinação

Article *in* Revista Vórtex · February 2022
DOI: 10.33871/23179937.2021.9.3.4

2 authors:

Charles Klippel Neimog
University of São Paulo

Luiz Casteloes
Federal University of Juiz de Fora

Revista Vórtex | Vortex Music Journal | ISSN 2317–9937 | http://vortex.unespar.edu.br/
D.O.I.: https://doi.org/10.33871/23179937.2021.9.3.4

A manipulação do Timbre a partir de estruturas da Afinação Justa

Charles Neimog | Luiz Castelões

Universidade de São Paulo | Universidade Federal de Juiz de Fora | Brasil

Resumo: Os processos apresentados visam estabelecer princípios para a organização de sistemas de Afinação Justa no meio eletrônico alterando parciais de timbres. Pretendemos fundir harmonia e timbre como no Espectralismo, mas partindo das teorias harmônicas de Partch (1974), Johnston (2006) e Wilson (NARUSHIMA, 2018), com o fim de modificar timbres. Focaremos particularmente na teoria na teoria *Combination-Product Sets* de Erv Wilson (NARUSHIMA, 2018).

Palavras-chave: Afinação Justa, Erv Wilson, OpenMusic.

Abstract: The processes presented aim to establish principles for the organization of Just Intonation systems in the electronic environment by changing partials of a timbre. We intend to merge harmony and timbre as in Spectralism, but starting from the harmonic theories of Partch (1974), Johnston (2006), and Wilson (NARUSHIMA, 2018), to modify timbres. In this article, the Combination-Product Sets theory, by Erv Wilson, will be the focus.

Keywords: Just Intonation, Erv Wilson, OpenMusic.

Received on: February 1st, 2021. Approved on: April 12th, 2021. Online available on: December 15th, 2021. Editor: Dr. Felipe de Almeida Ribeiro, Dr. Fabio Guilherme Poletto.

O intuito deste artigo é investigar formas de organização de alturas que funcionem como alternativas criativas às formas tradicionais (tonalismo, modalismo, espectralismos etc.). Ele se insere numa investigação mais ampla, a qual também inclui aportes de Johnston, Partch, Wilson e Xenakis (JOHNSTON, 2006; PARTCH, 1974; NARUSHIMA, 2018; XENAKIS, 1992). No que segue, nos concentraremos sobre as Combination-Product Sets de Erv Wilson (cf. NARUSHIMA, 2018).

1. Combination-Product Sets – O Hexany e o Eikosany

Combination-Product Sets (CPS) são estruturas geométricas construídas para representar relações entre alturas. Qualquer CPS é adquirido por multiplicação de fatores (harmônicos/parciais) e sua principal característica é uma abordagem diferente da música organizada em torno de 1/1, de forma que não emprega, frequentemente, a nota de referência da Afinação Justa como uma tônica na harmonia tonal/modal (ou a fundamental de uma série harmônica), diferindo das aproximações de Partch (com suas tonalidades Diamante) e Johnston (com aproximações em Limite-5). Portanto, o(a) leitor(a) deve manter em mente, ao longo do que segue, que nossa "nota de referência" (a base do intervalo e também o denominador de cada fração) não equivale a uma "Tônica" ou "Fundamental" na série harmônica. No CPS haverá uma constante noção de múltiplas fundamentais, o que pode ser comparada, a título de aproximação, aos acordes diminutos.

Inicialmente no Hexany (CPS 2)4[1]), estrutura geométrica mais simples do CPS, teremos quatro fatores/harmônicos que são combinados em pares e então multiplicados. Para a construção das razões, duas considerações: 1) não é permitido combinações que contenham números repetidos, e 2) todas as multiplicações com os mesmos números, mas ordens diferentes, são excluídas – por exemplo, utilizando os números 1, 3, 5 e 7 haverá os seguintes pares (3 7) e (7 3), essa multiplicação é considerada uma única vez. Abaixo temos o exemplo do conjunto CPS-Hexany sobre os números (1 3 5 7) (NARUSHIMA, 2018, p. 140).

[1] Essa é a notação utilizada por Narushima, onde 2 representa a número de fatores multiplicados entre si e o 4 o número total de harmônicos. No CPS 3)6, 3 fatores são multiplicados entre si em um conjunto de 6 harmônicos.

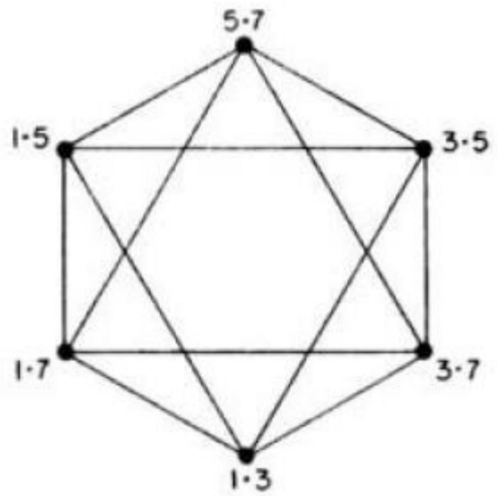
TABELA 1 – Construção do CPS-Hexany com os harmônicos 1, 3, 5 e 7.

	1	**3**	**5**	**7**
1	(repetição do número no par)	1 x 3 = 3	1 x 5 = 5	1 x 7 =7
3	-	(repetição do número no par)	-	3 x 7 = 21
5	-	5 x 3 = 15	(repetição do número no par)	-
7	-	-	7 x 5 = 35	(repetição do número no par)

Fonte: Tabela dos autores.

Com o exemplo acima obtemos as seguintes razões: **3**/2, **5**/4, **7**/4, **21**/16, **15**/8 e **35**/32, perceba que *denominadores* seguem a série geométrica de 2 com fator 2 e os numeradores são retirados da multiplicação descrita na tabela. Após essa primeira etapa, Wilson constrói, a partir das estruturas geométricas, conexões entre os pares que continham números em comum antes da construção das razões. Na figura abaixo, perceba que todos os vértices conectados têm pelo menos um harmônico em comum.

FIGURA 1 – Hexany segundo Erv Wilson.

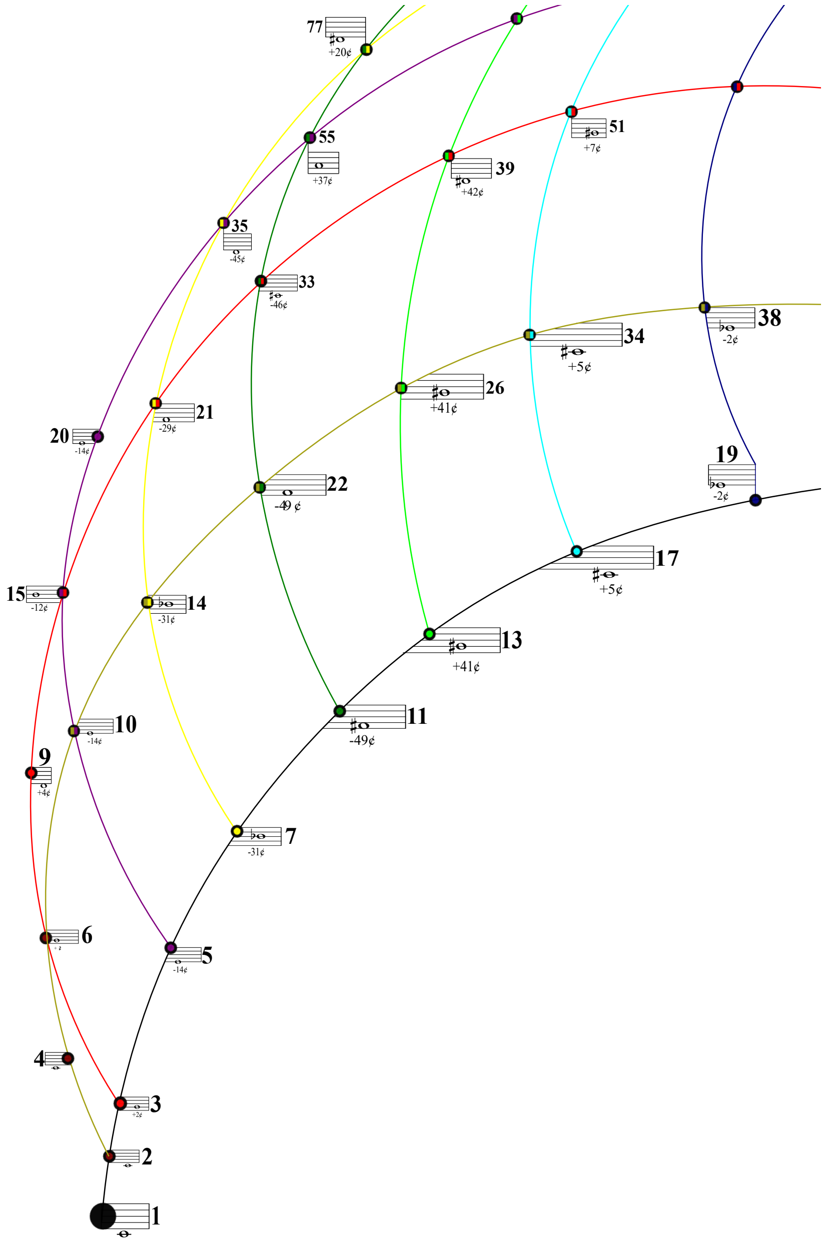


Fonte: NARUSHIMA (2018, p. 153).

Todas as estruturas geométricas do CPS funcionam da mesma forma que o Hexany, no entanto, há a inclusão de números e uma mudança de combinação de pares para trios, quartetos, quintetos e assim por diante. O resultado é a complexificação das estruturas assim como das conexões harmônicas geradas.

Após a construção das estruturas geométricas, ao investigá-las podemos observar musicalmente o que essas conexões representam. De modo simples, o resultado da multiplicação representa harmônicos que compartilham fundamentais de séries harmônicas. Ou seja, um mesmo parcial que está em diferentes séries harmônicas. Isso é representado na figura abaixo:

FIGURA 2 – Cada linha representa uma série harmônica (mesma estrutura intervalar), o intercruzamento entre linhas representa os números presentes nos CPS.



Fonte: NEIMOG (2021, p. 60).

Observe que os números[2] representados no CPS acima fazem parte de duas séries harmônicas. Por exemplo, o número 21 é o 7º harmônico da série harmônica sobre o número 3 (Sol+2¢) e o 3º harmônico com fundamental sobre o número 7 (Si♭-31¢).

Para apresentarmos o potencial harmônico dessas estruturas introduziremos o Eikosany. Ele é um conjunto de 6 fatores (harmônicos) combinados em trios. Utilizando os fatores 1, 3, 5, 7, 9 e 11 teremos os seguintes trios: (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) o que resulta nas seguintes razões, respectivamente: 15/8, 21/16, 35/32, 105/64, 27/16, 45/32, 135/128, 63/32, 189/128, 315/256, 33/32, 55/32, 165/128, 77/64, 231/128, 385/256, 99/64, 297/256, 495/256 e 693/512.

No Eikosany, diferente do Hexany, as razões geradas não são pontos de encontro entre duas séries harmônicas, mas três: por exemplo o número 165, representado pela razão 165/128, é o 55º harmônico da série harmônica sobre o número 3, o 15º harmônico da série harmônica sobre o número 11 e o 33º harmônico sobre o número 5. Adentraremos em mais detalhes do Eikosany a seguir, no entanto, primeiramente introduziremos como essas estruturas geométricas são utilizadas no contexto do OpenMusic e OM-Sharp, doravante OM.

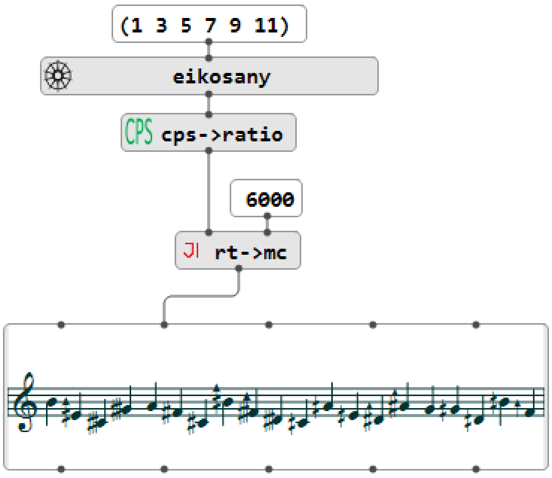
2. Os CPS no ambiente de Computação Assistida por Computador

O maior risco de calcular todas as estruturas acima no papel é a possibilidade de não ver determinadas conexões. É principalmente por este motivo que implementamos as teorias de Wilson no ambiente do OM[3]. Nele podemos ver essas conexões rapidamente, assim como ter meios simples para transpor tais teorias para o mundo sonoro, testando as possibilidades sônicas destas estruturas sem restrições de execução – o que percebemos como uma importante ferramenta composicional uma vez que nossa educação musical é calcada na afinação temperada. Deste modo, em um breve tutorial, para construirmos o Eikosany utilizamos o seguinte *pacth*.

[2] Os números primos são algum harmônico da série harmônica sobre 1 e ou mesmo tempo a fundamental de uma nova série harmônica.

[3] É necessário fazer o download da biblioteca OM-JI disponível em: https://github.com/charlesneimog/OM-JI

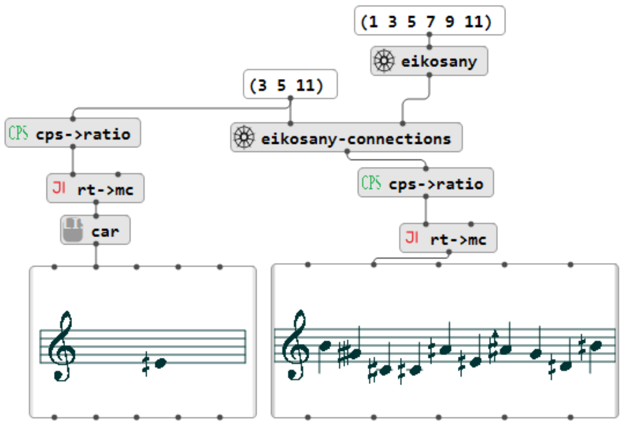
FIGURA 3 – Exemplo da construção do Eikosany no OM.



Fonte: Imagem dos autores.

Para ver as conexões com uma determinada razão – no exemplo abaixo o número 165, representado por (3 5 11) – utilizamos o seguinte:

FIGURA 4 – *Eikosany-connections* permite ver alturas que compartilham séries harmônicas.



Fonte: Imagem dos autores.

Com o simples *patch* acima, podemos ver que 165 compartilha fundamentais de séries harmônicas com os seguintes números: (15 105 135 33 55 165 231 385 297 495).

Outra possibilidade com o Eikosany é construir estruturas acórdicas com razões que compartilham essas séries harmônicas. Wilson categoriza dois tipos de estruturas, as tríades com três vértices conectados entre si e as tétrades, com quatro. O conjunto acórdico das tríades no Eikosany é dividido em dois, as tríades harmônicas e as tríades sub-harmônicas. Para as tríades harmônicas – exemplificando a tríade sobre os harmônicos 1, 3, e 5 – temos os seguintes passos:

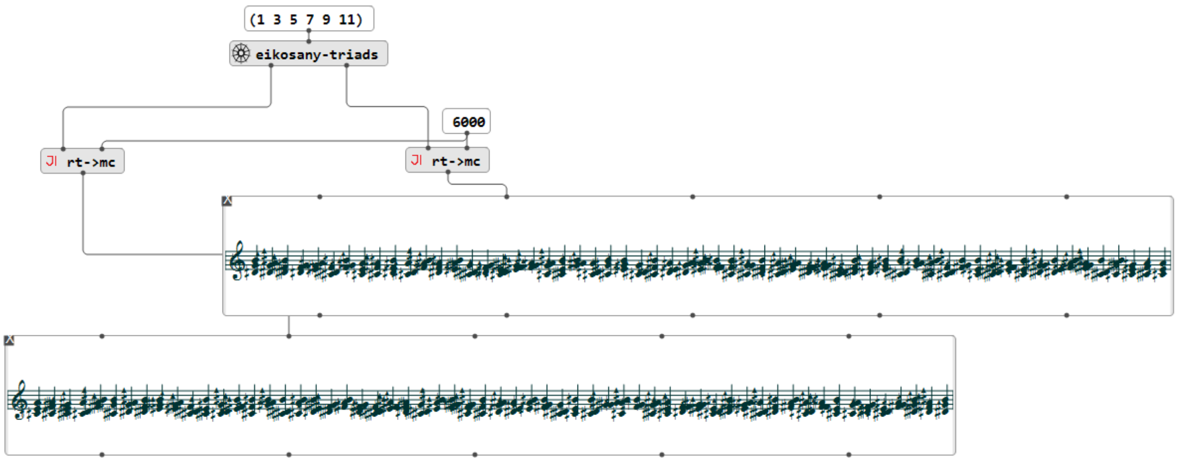
1. Voltamos aos 6 harmônicos excluindo os números 1, 3 e 5. Restando, portanto, 7, 9 e 11.
2. Então combinamos (7 9 11) em pares: (7 9), (7 11) e (9 11) – seguindo as mesmas regras apresentadas na construção do Hexany.
3. A seguir unimos cada conjunto individual de pares a um dos harmônicos do trio gerador desta tríade ($\underline{1}$ $\underline{3}$ $\underline{5}$), isso resulta em três tríades: (($\underline{1}$ 7 9) ($\underline{3}$ 7 9) ($\underline{5}$ 7 9)) para a primeira tríade; (($\underline{1}$ 7 11) ($\underline{3}$ 7 11) ($\underline{5}$ 7 11)) para a segunda; (($\underline{1}$ 9 11) ($\underline{3}$ 9 11) ($\underline{5}$ 9 11)) para a terceira. Observe que o primeiro fator dos conjuntos acima é sempre um dos números: 1, 3 ou 5. Os dois últimos fatores são um dos pares gerados no passo 2.

Novamente, trazendo o que isso significa em termos menos numéricos e mais musicais, a tríade ((1 7 9) (3 7 9) (5 7 9)) ou (63/32 189/128 315/256) é um acorde maior justo sobre o número 63. Em outras palavras, é conjunto de harmônicos 1, 3 e 5 da série harmônica sobre o número 63. É importante ressaltar que o fato de ser uma tríade aproximada à tríade maior temperada são os números utilizados, que foram escolhidos pela facilidade didática. Normalmente as tríades geradas pelos CPS são estruturas com três notas que nada tem a ver com as tríades tonais temperadas.

Seguindo, para as tríades sub-harmônicas, novamente sobre o trio (1 3 5), fazemos o contrário, combinamos o trio numérico gerador em pares – isso resulta em: (1 3), (1 5) e (3 5) – e então acrescentamos os harmônicos que estão fora do conjunto gerado. Assim temos ((1 3 $\underline{7}$) (1 5 $\underline{7}$) (3 5 $\underline{7}$)) como a primeira tríade sub-harmônica na segunda teremos: ((1 3 $\underline{9}$) (1 5 $\underline{9}$) (3 5 $\underline{9}$)), etc. Observe que os dois primeiros fatores dos conjuntos acima são sempre um par dos seguintes números (1 3 5). O último fator é um dos números fora dos números que geram essa tríade: 7, 9 ou 11. Isso significa que a tríade ((1 3 $\underline{7}$) (1 5 $\underline{7}$) (3 5 $\underline{7}$)) ou (21/16 35/32 105/64) equivale ao 3º harmônico da série harmônica sobre 7, depois o 5º harmônico de 7 e finalmente o 15º harmônico de 7.

Para realizar os dois processos no OM utilizamos o único objeto *eikosany-triads*. No *outlet* da esquerda temos as tríades sub-harmônicas e no *outlet* da direita temos as tríades harmônicas, abaixo temos todas as estruturas acórdicas geradas, tendo como nota de referência o C♮4 (6000) do sistema americano.

FIGURA 5 – A construção de tríades no Eikosany.



Fonte: Neimog (2021, p. 79).

Para construir as tétrades[4] harmônicas no Eikosany escolhemos quatro fatores – por exemplo 1, 3, 5 e 7 – e os unimos pelos fatores que sobram, 9 e 11, caso o Eikosany esteja construído sobre os números 1, 3, 5, 7, 9 e 11. Isso resulta em na seguinte tétrade: ((1 9 11) (3 9 11) (5 9 11) (7 9 11)). Para as tétrades sub-harmônicas, recombinamos os quatro fatores escolhidos em um subconjunto de três harmônicos – os números 9 e 11 não são utilizados na tétrade sub-harmônicas sobre (1 3 5 7). Isso resulta em: ((1 3 5) (1 3 7) (1 5 7) (3 5 7)). Observe que nessa tétrade, podemos ter uma ligação entre até três alturas, no entanto, uma quarta sempre terá uma relação distante. Por exemplo, (1 3 5) (1 3 7) e (3 5 7) contém o número 3 e, portanto, são harmônicos da série harmônica que nasce no número três. No entanto, em (1 5 7) não temos o número 3. Entendemos que ter estruturas acórdicas que são conectadas individualmente, mas se olhadas como um todo fogem a lógica das conexões merece especial atenção, principalmente quando utilizados números maiores que não os que remetem ao sistema tonal/modal, abrindo espaço para interessantes reflexões harmônicas. Por fim, o processo de construção dessas estruturas pode ser realizado com o objeto intitulado *eikosany-tetrads*: No *outlet* esquerdo temos as tétrades sub-harmônicas, e no *outlet* da direita temos as tétrades harmônicas.

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

FIGURA 6 – Exemplo das tétrades do Eikosany no OpenMusic.

Fonte: Neimog (2021, p. 80).

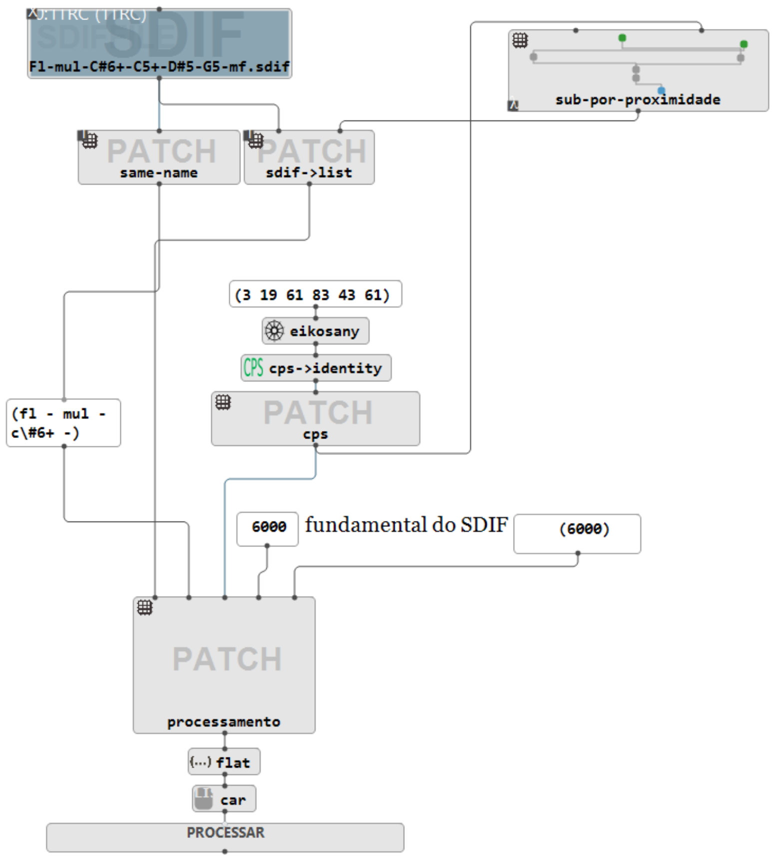
Após essa pequena introdução a algumas das características do CPS Hexany e Eikosany, o que se segue são reflexões musicais implementadas de modo a usufruir desses conceitos e teoria. Entendemos que, no contexto acústico, por exemplo, facilmente podemos utilizar o objeto *filter-ac-inst* (disponível na biblioteca OM-JI) para construir melodias e gestos que sejam tocáveis por instrumentos acústicos, no entanto se perderia muito se ficássemos presos a quartos e oitavos de tom. Já no contexto do áudio digital não temos limites em relação a afinação de alturas, portanto este ambiente parece ser o ideal no contexto microtonal e principalmente no que concerne a sutilezas apresentadas. O que se segue são algoritmos que tentam unir, dentro de um determinado contexto artístico, o mundo digital e o mundo acústico.

3. A troca de parciais e a construção de texturas

A troca de parciais para a construção de texturas é implementada como um tipo de granulador que trará resultados semelhantes a um "*freeze*", no entanto, todos os parciais do espectro desse *freeze* são alterados para se 'encaixar' na estrutura microtonal utilizada. Nesse processo temos como parâmetros a velocidade de reprodução do espectro sonoro; a duração individual de cada grão (que aqui tem como impulso sonoro o parcial) e o espaço de silêncio (pausa) entre cada grão, além da escolha da estrutura microtonal.

O primeiro passo para a construção deste evento sonoro é o processamento de um *sample* de áudio pelo software *Spear* e em seguida salvá-lo em um arquivo SDIF. O arquivo SDIF é então processado por um *patch* desenvolvido no OM (cf. figura 6).

FIGURA 7 – Processamento de arquivo SDIF e transformação em arquivo para o objeto COLL.



Fonte: Imagem dos autores.

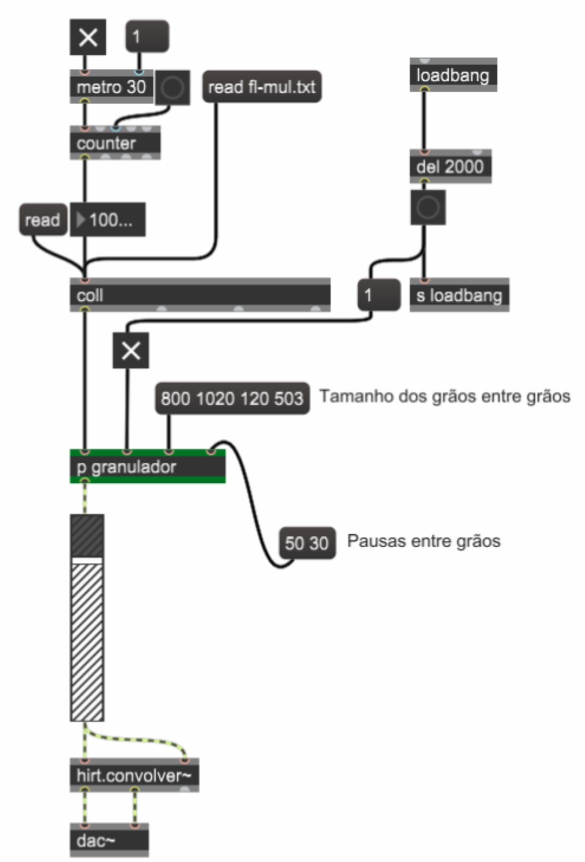
Nesse *patch* acontecem as seguintes etapas:

1. O arquivo SDIF é transformado em uma matriz contendo index (identificação do parcial), frequência, amplitude e *onset* de cada parcial;
2. Em seguida, alteramos todas as frequências dessa matriz por notas de um arbitrário CPS. Há duas abordagens: A primeira é alterar todos os parciais pelas alturas mais próximas (sem qualquer controle e menor semelhança com o timbre original) e a segunda é alterar pelas alturas próximas, no entanto, adicionando uma *extensão* (em cents) máxima e mínima para essa alteração. Caso algum parcial não possa ser trocado por alguma altura que cubra essa extensão, ele é silenciado no espectro.
3. Por fim, essa matriz alterada é transformada sintaticamente para um arquivo de texto que pode ser carregado no objeto *coll* do Max – no qual cada milissegundo corresponderá ao

espectro alterado do arquivo de áudio inicialmente processado no Spear – ou ainda ser salva como um arquivo *sdif*.

No ambiente do Max, cada parcial é enviado para um *cycle~* que por sua vez é utilizado dentro de um granulador individual. Desta forma, o que se constrói é um tipo de *freeze* espectral granulado seguindo as alturas contidas dentro de um determinado CPS. Quanto mais ruidoso o *sample* de áudio mais diversa é a textura criada.

FIGURA 8 – Patch em Max/MSP que sintetizará o granulador.



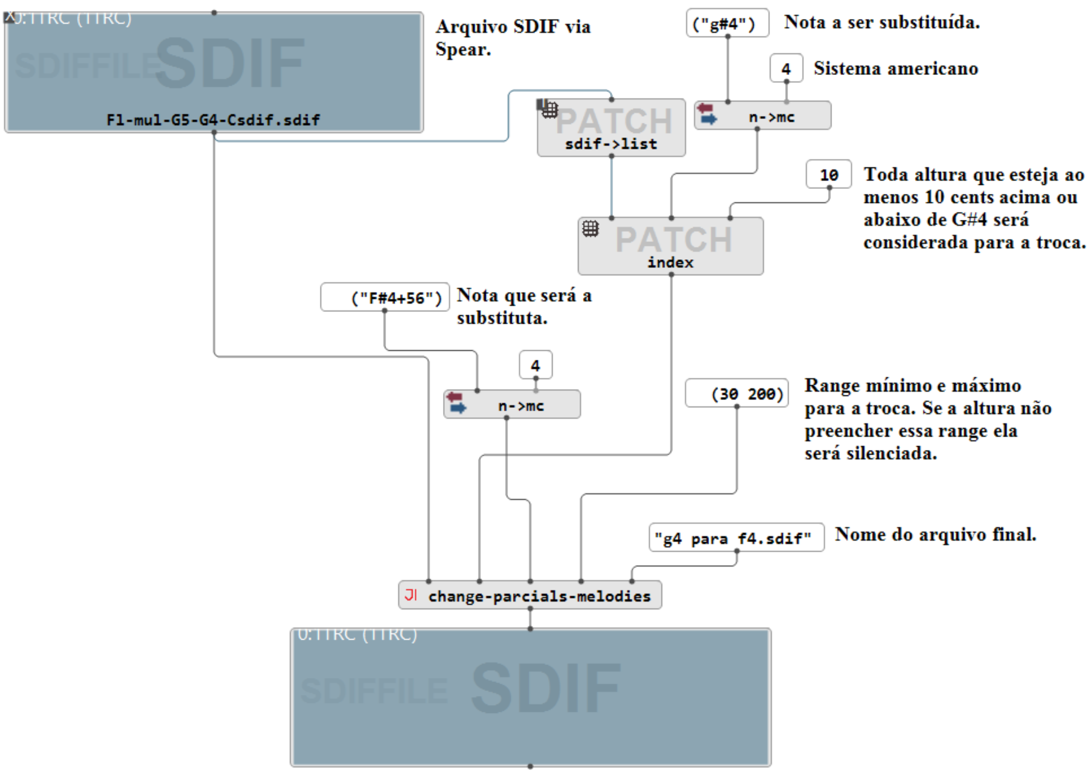
Fonte: Imagem dos autores.

4. A troca de parciais em multifônicos

Nesta proposta buscamos trocar determinados parciais dentro de multifônicos, o intuito é basicamente re-afinar o multifônico fazendo com que ele se encaixe com alguma estrutura microtonal definida. Ressaltamos que, diferente de uma transposição total do áudio, o objetivo é re-afinar partes de multifônicos, determinadas alturas contidas no áudio.

Supondo um multifônico de flauta que contém, em média, G♯4, G5+46¢ e A♯5+36¢ e um CPS com as alturas F♯4+56¢, G5+44¢, A♯5+33¢ e B5+31. Perceba que não há, no multifônico, nenhuma nota próxima de G♯4, o que o algoritmo proposto fará é rastrear todos os parciais que sejam G♯4 e trocar por uma nota desejada, supomos F♯4+56¢, veja o exemplo abaixo. Resultado sonoro deste processo pode ser ouvido no seguinte link: < EXEMPLO - MULTI_ORIGINAL-TO-MULTI_ALTERADO >.

FIGURA 9 – Patch em OM que faz a troca de parciais.



Fonte: Imagem dos autores.

Há ainda a possibilidade de fazer trocas com base em séries harmônicas (trocar a série harmônica de G#4) assim como trocar várias alturas por vez. Nesse caso inclui-se as notas a serem trocadas da caixa *Nota a ser substituída* e as alturas substitutas na caixa *nota que será a substituta*. Com o mesmo exemplo e trocando G♯4 para F♯4+56¢ e G5+46¢ para B5+31 < EXEMPLO2 -

MULTI_ORIGINAL-TO-MULTI_ALTERADO >. É importante ressaltar que caso queria alterar parciais distantes, é necessário que o *range* mínimo e máximo esteja contemplanto esta altura. No caso acima, ao trocar G5+46¢ para B5+31é necessário que o range máximo seja em torno de 400 cents – pela distância entre a altura contida no áudio e a altura final.

5. Considerações Finais

Acreditamos que com as estruturas microtonais apresentadas abre-se um campo interessante para a investigação criativa no campo da microtonalidade, das alturas, e da interrelação entre harmonias microtonais e timbres. Esperamos que os processos e *patches* aqui apresentados possam servir para compositores(as) fazerem suas próprias investigações não se prendendo as possibilidades, disponibilidades e restrições de instrumentos e instrumentistas.

Acreditamos que este trabalho demonstra as amplas possibilidades que softwares de *partial-tracking* (como Spear e AudioSculpt) oferecem se pensados a partir de estruturas microtonais. Desta maneira, podemos afirmar que este trabalho dialoga diretamente com a afirmação de que: “As harmonias microtonais podem tornar-se tão complexas que se transformam em timbre e texturas” (ROADS, 2015, p. 237). No entanto, com base nos testes feitos e principalmente no percurso desta pesquisa, podemos concluir que não é qualquer harmonia que se transforma em textura ou timbre, o espectro entre harmonia e timbre é delicado e precisa ser investigado e testado. Até o momento, nos parece, que majoritariamente houve uma via de investigação predominante, a do timbre em direção à harmonia, do timbre que se transforma em harmonia. O que propomos aqui foram algumas possibilidades de fazer o percurso da harmonia para o timbre. Como dito, acreditamos que há muitos caminhos a serem exploradas no contexto da harmonia microtonal e sua relação com o timbre.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Bolsas da Pós-Graduação da Universidade Federal de Juiz de Fora pelo apoio financeiro essencial para realização dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

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

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

NEIMOG, C. K. (2021). *Afinação justa, crivos e (as)simetrias: estratégias composicionais com implementação em OpenMusic*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Artes, Culturas e Linguagens, Universidade Federal de Juiz de Fora. https://doi.org/10.34019/ufjf/di/2021/00061

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

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

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

SOBRE OS AUTORES

Charles K. Neimog pesquisa a relação entre tecnologia, música e estética na USP. É mestre em Processos Poéticos Interdisciplinares pela UFJF e bacharel em Composição e Regência pela Unespar – Campus I. Seus interesses composicionais perpassam a microtonalidade, simetria, música mista e composição algorítmica (CAC). ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9780-0041. E-mail: charlesneimog@outlook.com

Compositor brasileiro em atividade desde 1997 e professor da UFJF desde 2009, a música de Luiz Castelões é uma mescla de influências da música de câmara contemporânea, da MPB e do universo Pop, e em 2021 tem sido estreada e gravada em países como Japão, Alemanha, Islândia e EUA. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0380-0498. E-mail: lecasteloes@gmail.com