
Reterritorializações: Análise e composição assistida por computador na criação e *Rastros* para piano e *live-electronics*

Lucas Quinamo Furtado de Mendonça & Tadeu Moraes Taffarello

Introdução

A composição da peça *Rastros* (2018), de Lucas Quinamo Furtado de Mendonça para piano e *live-electronics*, teve como ponto de partida a análise de dois ciclos de miniaturas para piano solo – *Epigramas* (1947) e *3 Miniaturas* (1949-52) – do compositor Edino Krieger, resultado de um trabalho de iniciação científica financiado pela FAPESP¹ e projeto de conclusão de uma disciplina sobre música mista, que teve como convidado o professor Dr. Mikhail Malt². Contudo, o processo composicional não se deu exclusivamente através da escrita musical no papel, mas fez uso também de algoritmos desenvolvidos pelo compositor no software de composição assistida *Openmusic 6*, para a escrita da parte do piano, e no software *Max/MSP 7*, para a parte da eletrônica.

Esse artigo, portanto, se propõe a estudar e discorrer a respeito do processo de composição assistida amparada por uma análise musical. Serão expostos aqui brevemente os resultados obtidos da análise das peças de Edino Krieger, elencando quais materiais musicais foram retirados das duas peças analisadas e reutilizados em *Rastros*. A partir disso, irei relatar o processo de composição, que envolveu a criação de um algoritmo em *Openmusic* inspirado na ideia de algoritmos genéticos de Husband (2006) e de algoritmos estocásticos generativos em *Max/MSP*. Serão apresentados alguns trechos de material gerado pelo algoritmo em *Openmusic* e comparados com os trechos análogos presentes na partitura de *Rastros*. Discorrerei ainda como esse material advindo da análise interagiu com tais algoritmos, com a eletrônica e com o imaginário poético da peça para, por fim, dar origem à composição.

A composição assistida por computador é um campo muito heterogêneo, com

1 Processo FAPESP n.2017/13909-8

2 Disciplina de Tópicos Especiais em Música – Turma JM (código da matéria MU055), oferecida no curso de graduação em música da Unicamp no segundo semestre de 2018.

inúmeras abordagens que diferem de compositor para compositor. Portanto, a ideia deste texto é criar um breve panorama sobre uma possibilidade de interação entre computador e compositor, tanto na construção algorítmica da parte do piano quanto na concepção da eletrônica, amparados pela análise musical.

A análise como suporte composicional

Silvio Ferraz (2014) estabelece relações contundentes entre análise musical e composição. O autor afirma que há uma distinção entre a análise musical “como recurso para quem necessita anexar ao enunciado sonoro um significado (seja este estrutural ou simbólico) e como recurso para simplesmente inventar outras músicas que compartilhem com a primeira algumas propriedades” (FERRAZ, 2014, p.194), exemplificando esta última com sua peça *Segundo Responsório*, na qual Ferraz se utiliza de duas ideias retiradas do Prelúdio da 3ª *Suíte* para violoncelo, BWV 109, e Bach.

Ferraz situa o caminho do processo de análise como partindo da obra ou excerto em questão para então se chegar ao material musical (obra \rightarrow análise \rightarrow material) (FERRAZ, 2014, p.195). De modo similar a composição parte do material e sofre um processo de síntese para se chegar ao resultado final, a obra em si (material \rightarrow síntese \rightarrow obra). De tal maneira a somatória dos dois caminhos possibilita um processo composicional a partir da análise musical: obra a ser analisada \rightarrow análise \rightarrow material \rightarrow síntese \rightarrow composição, em que a composição final mantém elementos musicais ou ideias comuns à obra inicialmente analisada.

De maneira complementar, José Augusto Mannis (2014) expõe um esquema cíclico nos processos cognitivos associados ao processo criativo: inicialmente se recebe uma informação (a que chamou de percepção), em seguida há um processo de análise, em que se processa aquilo que foi percebido, e, por último, uma síntese em que se cria uma formulação conclusiva sobre o percebido. Esse processo pode se alimentar indefinidamente, de maneira que o que foi sintetizado a partir da análise pode submetido à percepção novamente, verificado por meio de outra análise e resultando em outra síntese. Mannis também se utiliza dos conceitos de territorialização, desterritorialização e reterritorialização de Deleuze para explicar como o analista-compositor pode desterritorializar um material de uma peça musical, através do processo da análise, e reterritorializá-lo durante o processo de composição:

É interessante observar que, nos processos cognitivos, a instância de análise atua desmembrando, dissecando, fragmentando, desintegrando, desestruturando um objeto que lhe é submetido, portanto desterritorializando as suas partes constituintes, materiais ou abstratas, e depois sintetizando elementos isolados que, por terem nascido como parte de um suposto todo, nasceram desterritorializados e, por isso, portadores de tensão. Esses materiais construtivos de elevado potencial (portadores de tensão) são almejados na elaboração preliminar, *hors temps*, de obras de música e arte sonora. Os cruzamentos (desvios) entre materiais, formas, estruturas e processos de várias origens são fomento à criatividade. (MANNIS, 2014, p.221).

A partir da fundamentação teórica desses dois autores, decidi que o processo de análise de *Epigramas* e *3 Miniaturas* serviria também para retirar o material musical usado na composição da peça *Rastros*. Através do processo de composição, os materiais musicais desterritorializados após a análise das duas peças de Edino foram reterritorializados em *Rastros*, sem manter uma conexão direta ou citação do material inicial.

Da Análise ao Material Composicional

As duas peças escolhidas para a análise em meu trabalho de pesquisa “Atonalismo em Edino Krieger: Análise musical de *Epigramas* (1947) e *3 Miniaturas* (1949-52)” encontram-se situadas historicamente em períodos próximos na vida de Edino. Segundo o próprio compositor, de acordo com um depoimento dado ao *Jornal do Brasil* de 19/02/1998 (PAZ, 2012, p.19), ele possui três fases em sua carreira artística: a primeira fase atonal e serialista, de 1946 a 1952; uma segunda fase nacionalista, de 1952 a 1964; e uma última fase em que concilia as duas anteriores no que chamou de “sintética”. As duas peças encontram-se, portanto, localizadas temporalmente na fase atonal de Edino. Contudo, é importante ter em mente que apesar disso, *3 Miniaturas* foi composta durante e depois de Edino Krieger ter ido estudar com Aaron Copland, Darius Milhaud e Peter Mennin (PAZ, 2012, p.50), três compositores de orientação neoclássica. A peça encontra-se no final da fase atonal de Edino e, no terceiro movimento, apresenta sutis características nacionalistas, como uso de escalas do baião e rápidas passagens em que é possível identificar ritmos nordestinos.

A escolha desses dois ciclos para a análise levou em consideração o momento histórico de suas escritas, bem como o fato de ambas serem escritas para piano solo, e procurou estabelecer semelhanças e diferenças entre o tratamento do

material musical dos dois ciclos. Também buscou identificar e entender o material musical e as estruturas formais das peças. A partir desses dados coletados, o material composicional foi escolhido e transformado para dar origem à composição *Rastros*.

Epigramas faz uso do dodecafonismo, porém de maneira não estrita, com a utilização livre da série como um material melódico-harmônico possível. Na maior parte dos movimentos de *Epigramas* as exposições e repetições de séries foram poucas e raramente foi usada em suas formas retrogradadas e invertidas.

Em *3 Miniaturas* nenhuma estrutura dodecafônica pode ser reconhecida, contudo, a análise nos mostrou que havia uma preocupação na escolha dos intervalos, havendo uma predominância de certos grupos de notas baseado em duas classes de intervalos³. Esses grupos (que eram livremente usados) foram chamados de padrões melódico-harmônicos (Figura 1). É importante notar que esses grupos não representam uma ordem fixa de notas, mas sim um grupo de notas em que todos os seus elementos se ligam livremente a outro elemento por alguma das classes de intervalos observados como recorrentes.

Compasso 1 e começo do compasso 2



Padrões melódico-harmônicos baseados nas classes de intervalo 5 e 1

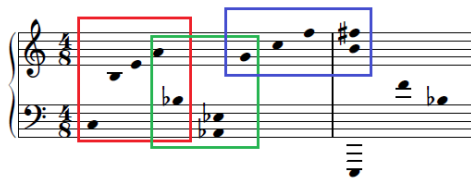


Figura 1 - Compassos 1 e 2 de 3 Miniaturas e padrões melódico-harmônicos identificados.

No primeiro compasso do primeiro movimento de 3 Miniaturas, foi identificado

³ Para utilizar o conceito de classes de intervalo, recorro a “Introdução da Teoria Pós-Tonal” de Joseph Straus (2ª ed., 2000).

um determinado grupo de notas que se conectavam pelas classes de intervalo 5 e 1. A primeira metade do compasso apresenta cinco notas: um Dó 2, um Si tocado simultaneamente a um Mi 3 e um Lá 3 tocado simultaneamente a um Si bemol 2. Há uma distância entre o Dó 2 e o Si 2 de 11 semitons ascendentes – classe de intervalo 1. Entre o Si 2 e o Mi 3 há uma distância de classe de intervalo 5. Entre o Mi 3 e o Lá 3 há uma distância de classe de intervalo 5. E, por fim, entre o Lá3 e o Si bemol 2 há uma distância de classe de intervalo 1. Esse padrão se repete ao longo dos dois primeiros movimentos⁴ de 3 *Miniaturas*.

De tal maneira, os padrões melódico-harmônicos identificados em 3 *Miniaturas* me interessaram do ponto de vista composicional e, posteriormente, fiz uso deles em *Rastros*.

Do ponto de vista formal, as peças de Edino fizeram uso de formas clássicas (binária simples, ternária simples e rondó, seguindo a definição de Zamacois (1990)), o que não me interessou para a composição de *Rastros*.

Além disso, o trabalho se preocupou em identificar motivos⁵ e suas respectivas formas variadas. Alguns motivos foram selecionados como material musical para a composição de *Rastros* (Figura 2). Interessaram-me do ponto de vista composicional aqueles que apresentaram um caráter que se destacava das demais ideias no momento em que foram apresentados e aqueles que tinham grande recorrência. Foram usados ao todo quatro motivos, três provenientes de *Epigramas* e uma variação de motivo de 3 *Miniaturas*.

4 No terceiro movimento, a construção melódico-harmônico é dada por modos tradicionais da música brasileira, polimodalismo e cromatismos.

5 Sobre o Motivo, Zamacois (1990, p. 7) diz que para alguns o motivo equivale ao tema, para outros é a apenas a cabeça do tema, grupo elementar primeiro, seu elemento gerador. A partir disso, adotamos de modo abrangente a segunda definição, tomando o motivo como elemento gerador.

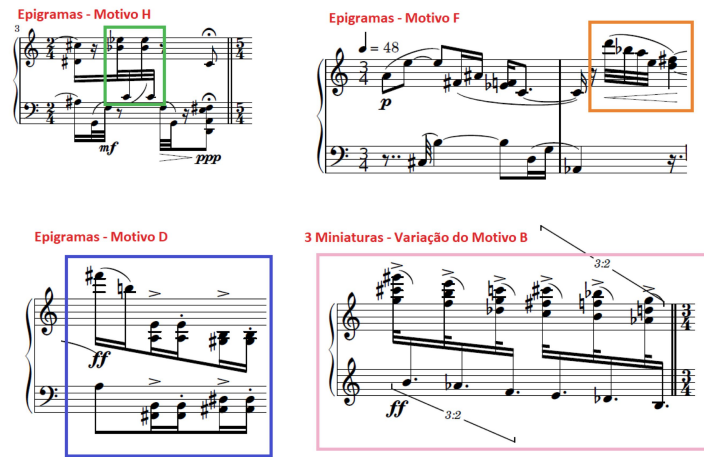


Figura 2 - Motivos retirados de *Epigramas* e *3 Miniaturas* para o processo de composição.

O Motivo H de *Epigramas* foi escolhido por sua enorme recorrência ao longo da peça (e por também reaparecer em *3 Miniaturas*), me chamando a atenção pelo seu caráter repetitivo e de alternância entre as duas mãos. O Motivo D e o Motivo F de *Epigramas* me chamaram a atenção por destacarem-se no trecho em que estão inseridos, criando uma súbita mudança de foco na atenção do ouvinte. Já o Motivo B de *3 Miniaturas* me interessou por ser apresentar caráter tercinado e por apresentar, no trecho em que aparece, uma aceleração em decorrência ao que vinha sendo tocado antes.

Rastros

A partir das análises que precederam a composição, tentei imaginar uma poética que norteasse as escolhas musicais da composição da peça. Veio-me à cabeça as imagens de rastros deixados por alguém ou algo ao passar por um lugar: pegadas na praia, digitais numa maçaneta, nuvens de poeira levantadas por um carro ao passar. De tal forma, supus quais seriam os rastros musicais deixados pelas análises das peças de Edino em mim quanto compositor – motivos, estrutura formal, processos criativos? – e que formam esses rastros tomariam a partir de mim na composição. Sendo assim, a peça não possuiria menções diretas ou citações literais das peças de Edino, mas apresentaria traços e resquícios dos dois ciclos.

A imagem dos rastros foi inicialmente concebida musicalmente associada ao efeito de eco. Durante toda a peça, algumas notas tocadas (principalmente notas finais de motivos e melodias) são repetidas pelo piano de maneira a ligar ideias,

ecoando e levando adiante os motivos. Esses ecos poderiam surgir e desaparecer por meio de *accelerandos* e *rallentandos* (Figura 3), evanescendo uma ideia anterior na seguinte.



Figura 3 - Ecos do compasso anterior transformando-se em um novo motivo no Trecho 2

Vale notar que o processo de composição ocorreu de maneira experimental, com a linha do piano do começo da peça (Trecho 1) sendo escrita ao instrumento, inteiramente sem auxílio do algoritmo. A eletrônica, por outro lado, foi criada simultaneamente ao processo de composição da linha do piano durante toda a peça. A partir apenas do Trecho 2 (Figura 4) que o algoritmo em *Openmusic* foi introduzido no processo composicional para o auxílio da criação da partitura instrumental.

Para a construção da forma de *Rastros*, levei em conta os motivos retirados das análises, sendo que cada seção possui um dos quatro motivos como figura principal (portanto tais motivos eram inseridos e retirados do código de acordo com a seção). Os motivos são apresentados sequencialmente, contudo entre os trechos referentes aos três motivos de *Epigramas* (Trecho 1, Trecho 2 e Trecho 3) não há rupturas, mas sim uma transição entre o surgimento de um motivo e outro, intercalando-os. O trecho final (Trecho 4), que possui a Variação do Motivo B de 3 *Miniaturas* como figura principal, se destaca das demais pela ruptura e pelo caráter distinto. De tal modo, juntei os três primeiros motivos de *Epigramas* numa grande seção inicial A e deixei o único motivo de 3 *Miniaturas* na seção final B.



Figura 4 - Construção da forma em *Rastros*

Para cada Motivo alguma característica marcante foi mantida: o Motivo H de *Epigramas* (Figura 2) teve seu caráter de repetição e alternância mantidos (Figura 5 – segundo sistema), o Motivo F de *Epigramas* teve seu registro agudo mantido, o Motivo D de *Epigramas* teve sua acentuação mantida. O Motivo B de *3 Miniaturas* foi usado para construir a última seção da peça e teve seu caráter de quíaltera mantido.

Figura 5 - Compasso 8, referente ao Trecho 1, com aparições de variações sobre o Motivo H de *Epigramas*: o perfil repetitivo foi mantido, assim como a alternância entre mãos.

O Trecho 1 foi inteiramente composto sem o auxílio do algoritmo, boa parte do material foi feito intuitivamente ao piano e depois elaborado na partitura. Os ecos, os *accelerandi* e os *rallentandi* foram utilizados para criar a imagem de coisas que aparecem e se rarefazem, deixando rastros pela partitura e pela eletrônica⁶. Na Figura 5 o Mi bemol 2 tocado a partir do compasso 6 começa a acelerar (ao mesmo tempo em que a eletrônica reforça essa nota) e culmina em um acorde arpejado. A partir desse arpejo, a eletrônica grava o que é tocado pelo piano até o final do compasso 8. No resultado final da partitura, a eletrônica é representada na linha inferior. Uma recriação do Motivo H de *Epigramas* surge e desfragmenta-se, tocando o acorde anteriormente arpejado no compasso 7 dividido pelas duas mãos do pianista. Essa desfragmentação gravada é tocada logo em sequência com o áudio

⁶ A eletrônica será explicada com mais detalhes adiante no texto.

revertido e esticado no tempo (baixando em alguns tons o som do piano revertido). Essas gravações são novamente utilizadas ao longo da peça. De modo similar, proponho ao longo da peça diversas formas de lidar com os rastros do piano na eletrônica, desfragmentando-os, repetindo notas, expandindo ideias musicais, gravando trechos do piano e reproduzindo-os de maneira alterada.

A partir do Trecho 2 e ao longo do processo de composição, decidi que a utilização de um algoritmo poderia me auxiliar na busca por esses rastros musicais, que surgiriam como recriações a partir dos motivos e harmonias desterritorializados pela análise. O uso de algoritmos em *Openmusic* baseados nas proposições de Husband et al. (2006) de algoritmos genéticos se deu em função da necessidade de modificar esse material advindo da análise e de criar, com ele, variações singulares mas que se relacionassem estruturalmente com o material original. Cada material musical inserido no código era alterado de acordo com as seções da peça e “evoluiu” conforme os resultados selecionados eram reinseridos no código durante a composição de cada seção. Apesar do uso de tais algoritmos, é importante dizer que boa parte da peça (e não apenas o Trecho 1) foi escrita de maneira intuitiva: há uma relação dialética entre o compositor e o computador, em que os *outputs* do algoritmo foram encarados como um material “bruto” a serem lapidados e moldados.

Sobre a relação entre a composição final, o compositor e o algoritmo, Nierhaus (2009, p. 259-264) elenca os vários tipos de composição algorítmica e suas diferenças conceituais. Primeiro ele situa a diferença entre o que chama de composição algorítmica como método genuíno de composição e composição algorítmica de imitação de estilo. Sobre essa dicotomia, Nierhaus levanta questões sobre o que método genuíno de composição significa e define, para os fins de sua discussão:

Composição algorítmica pode ser categorizada como “método de composição” se os procedimentos forem aplicados no contexto de criação de uma nova peça musical. De tal modo, “imitação de estilo” é a tentativa de modelar um estilo estabelecido na musicologia, de uma perspectiva histórica ou etnomusicológica, como um gênero particular. (NIERHAUS, 2009, p.260 - tradução do autor⁷)

Ainda sobre a composição algorítmica como método genuíno de composição, Nierhaus elenca pontos sobre a contribuição do algoritmo à peça. Ele diz que sobre esse aspecto, há processos composicionais assistidos por computador⁸ que vão desde a “completa determinação de uma estrutura ao acompanhamento de

7 (...)algorithmic composition could be referred to as a “method of composition” if procedures are applied in the context of the creation of a new musical piece of art. Accordingly, “style imitation” is the attempt to model a style that is established in musicology, from a historic or ethnologic perspective, as a particular genre. (NIERHAUS, 2009, p. 260)

procedimentos de um processo composicional” (NIERHHAUS, 2009, p. 260). A partir disso, constata que há processos de composição algorítmica em que o algoritmo serve como inspiração, de maneira que o resultado do algoritmo não é usado integralmente na peça, ressaltando a forte influência do compositor sobre o resultado final.

Por outro lado, há também processos em que o algoritmo atua como compositor, este determinando os aspectos finais da peça sem grandes alterações humanas (NIERHHAUS, 2009, p. 261). A *Illiad Suite* é um claro exemplo musical deste último modelo: o computador produziu resultados musicais, que foram ordenados por Hiller e Isaacson de maneira arbitrária (sem selecionar os melhores resultados) e mantidos sem grandes alterações na partitura final, de modo que a maior quantidade possível de música foi gerada pelo computador (HILLER, 1959, p.152-153).

Na composição de *Rastros*, o paradigma do algoritmo quanto inspiração foi utilizado, de modo que tive a decisão no resultado final, modificando o *output* do algoritmo ao transpô-lo para a partitura de *Rastros*. Ligando este paradigma às ideias de Mannis (2014) sobre a desterritorialização na música, constatam-se neste processo dois níveis de desterritorialização e reterritorialização. Inicialmente as ideias retiradas das análises são desterritorializadas pelo compositor (no processo de escolha do material oriundo das análises) e reterritorializadas pelo algoritmo, gerando uma sugestão inicial em forma de partitura. Esse material é então desterritorializado do algoritmo pelo compositor e então reterritorializado na partitura, sendo alterado e elaborado conforme o desejo do compositor (correções na melodia, acréscimo de ideias, expansão, compressão, etc). Desse modo, o material inicial oriundo da análise foi modificado e transformado, havendo pouca semelhança entre *Rastros* e as duas peças analisadas, o que era um dos objetivos do processo composicional.

Durante o primeiro processo de desterritorialização-reterritorialização, tive que fazer escolhas sobre como o material desterritorializado pela análise (padrões melódico-harmônicos e motivos rítmicos demonstrados) seria decodificado pelo *Openmusic* (ou seja, como eles seriam reterritorializados dentro do programa).

De tal modo, no processo de escolhas para a construção do algoritmo decidi que os motivos retirados das análises manteriam seu perfil rítmico, mas não as notas

8 O termo composição assistida por computador é frequentemente utilizado como sinônimo de “composição algorítmica” (NIERHHAUS, 2009, p.260).

(ou seja, as notas e o ritmo seriam tratados separadamente pelo algoritmo e unidos no *output* final), e que esse ritmo seria lido pelo programa como árvores rítmicas⁹ – o que me ofereceria determinadas maneiras de lidar com esse material dentro da programação. Já a harmonia fez uso de dois padrões melódico-harmônicos criados por mim (mas seguindo a ideia surgida na análise de *3 Miniaturas*), com base nas classes de intervalo 3 e 2 para o padrão P1, e nas classes de intervalo 4 e 1 para o padrão P2 (contudo, a partir do Trecho 2 (Figura 4), com a inserção do algoritmo em *Openmusic* no processo composicional, os padrões deixaram de ser usados livremente e sofreram deformações). Assim sendo, separei acordes e notas que tivessem a ver com os padrões melódico-harmônicos usados até então durante o processo de composição. Essas notas estavam guardadas em um banco de dados e eram usadas pelo algoritmo. O funcionamento do algoritmo em *Openmusic* será explicado de maneira um pouco mais detalhada a frente.

O algoritmo em *Openmusic*: desterritorializações e reterritorializações no processo de composição assistida.

É necessário aqui uma breve explicação sobre a construção e funcionamento do algoritmo desenvolvido no software *Openmusic* antes de demonstrar como o material advindo da análise resultou na partitura. A construção desse algoritmo surgiu a partir de uma sugestão do professor Dr. Jônatas Manzolli (da Unicamp), em que ele sugeriu que eu tentasse construir, em *Openmusic*, um algoritmo genético baseado nas proposições de Husband *et al.* (2007) para gerar variações sobre ideias musicais escritas em partitura.

Em linhas gerais, os algoritmos genéticos tomam inspiração nas ideias Neo-Darwinianas de evolução, utilizando vários termos da biologia para nomear processos computacionais análogos. Sobre a teoria da evolução de Darwin, Husband nos resume:

De acordo com a teoria da evolução de Charles Darwin, a mudança evolutiva surge por causa da existência de variações em traços herdados em cada geração. Aqueles indivíduos que sobrevivem e dão origem à próxima geração, devem isso a uma combinação particular de características herdadas e bem adaptadas. Os indivíduos bem adaptados sobrevivem e passam adiante as

9 Árvores rítmicas no software *Openmusic* é uma estrutura usada para descrever proporções rítmicas. A estrutura funciona baseada na linguagem Lisp, de modo que o primeiro elemento da lista de uma árvore rítmica indica a fórmula de compasso e o segundo elemento indica as proporções rítmicas. De tal modo, um compasso 4/4 com quatro semínimas pode ser descrito como ((4 4) (1 1 1 1)), sendo que o elemento (4 4) indica a fórmula de compasso 4/4 e o elemento (1 1 1 1) indica que há quatro figuras rítmicas no compasso, cada uma valendo proporcionalmente 1, ou seja, quatro semínimas. Para mais, acesse o manual do *Openmusic*. Fonte: < <http://support.ircam.fr/om/om6-manual/co/RT1.html> >. Acesso em 17 abr. 2019.

características que os tornaram adaptados. (...) Consequentemente, os Neo-Darwinistas postularam que a seleção natural atua por meio de variações genéticas nas populações – sendo que os genes são as unidades subjacentes às características herdadas. Essas variações são causadas por processos genéticos como mutações (às vezes causadas por erros na replicação do DNA) e recombinações do material genético advindos de diferentes fontes (como os pais na reprodução sexual). Seleção natural é geralmente pensada como atuante no *fenótipo*, que é a expressão externa dos genes (*o genótipo*), como características físicas ou comportamentais (...). (2007, p. 3).

De um modo geral, os algoritmos genéticos se utilizam dessa metáfora para construir um sistema adaptativo que, ao longo das gerações, aprimora seu funcionamento. Esse tipo de sistema, e algoritmos em geral, é utilizado em diversas áreas da ciência para a resolução de problemas. Quando os algoritmos são aplicados à música, a resolução de problemas passa do campo prático para o campo estético e pode ser tão abrangente e variado quanto um compositor desejar.

Portanto, o algoritmo genético que eu desejava construir para me auxiliar na composição de *Rastros* foi feito com um objetivo em mente: criar variações sobre pequenos motivos selecionados anteriormente (nas análises e na própria peça) que pudessem ser modificadas e moldadas por mim na partitura para fazer sentido musical junto com a eletrônica – em suma, que pudessem ser desterritorializados do algoritmo e reterritorializados na partitura final. Além disso, era de meu interesse que o material pudesse variar de modo que mantivesse relação com o material da análise e com o material surgido anteriormente na peça, resultando numa unidade musical entre os diversos momentos das seções. Isso fez com que o algoritmo genético fosse uma boa escolha para lidar com o material musical.

A estrutura dos algoritmos genéticos prevê cromossomos (ou seja, trechos de códigos que definem certos parâmetros) que compõem o genótipo. Esses cromossomos sofrem modificações por meio dos operadores genéticos que modificam as estruturas dos cromossomos. Esses operadores podem operar por meio de *cross-over* e de mutações (como adição de material, inversão, duplicação - HUSBAND, 2007, p.7-8). Como resultado dessas operações, um fenótipo (a partitura) é gerado e averiguado pelo *fitness*. O *fitness*, isto é, a medida de quão “adaptado” o fenótipo está, pode ser averiguado por uma função de avaliação (como é o caso de algoritmos genéticos aplicados a outras áreas do conhecimento) ou pelo compositor (como é em alguns casos de composição musical com algoritmos genéticos). Esse material selecionado como adaptado (*fit*) é então reinserido no código, para ter seus “genes” mais adaptados passados adiante para as próximas gerações (HUSBAND, 2007, p.5).

O problema com o *fitness* no modelo composicional adotado em *Rastros* é a falta de um modelo prévio a que se basear uma função de avaliação, portanto, o *fitness* precisou ser tomado como uma medida mais subjetiva, de modo que tive, quanto compositor, papel decisivo na decisão do que seria encarado como adaptado e o que seria reinserido no código.

Para a construção do algoritmo para a composição de *Rastros* decidi tomar a rítmica dos motivos e os acordes selecionados por mim como cromossomos do meu genótipo. Esses cromossomos sofreriam mutações (mas não *cross-over*). O cromossomo dos ritmos foi descrito por meio de árvores rítmicas e sofreu mutações por meio de inversão dos motivos, adição de novos elementos, deleção e a translocação (mudança de lugar) dos elementos. Para o cromossomo referente às alturas (descritos em *midicents*), resolvi operar as mutações por meio de adição de novos elementos, transposição, deleção e translocação (HUSBAND. 2007, p.7-8).

Ambos os cromossomos foram escritos em arquivos de texto (.txt – Figura 6) que foram alterados ao longo dos trechos de acordo com a as inserções das novas gerações do código e também dos motivos novos dos trechos seguintes. Decidi que esses cromossomos iriam, após sofrerem os processos de mutações, dar origem, juntos, ao material em partitura em dois objetos *voice*¹⁰ distintos que se uniam no final do processo em um único objeto *poly*, resulta em um trecho da partitura (o fenótipo) de um compasso, para ser elaborado na partitura.

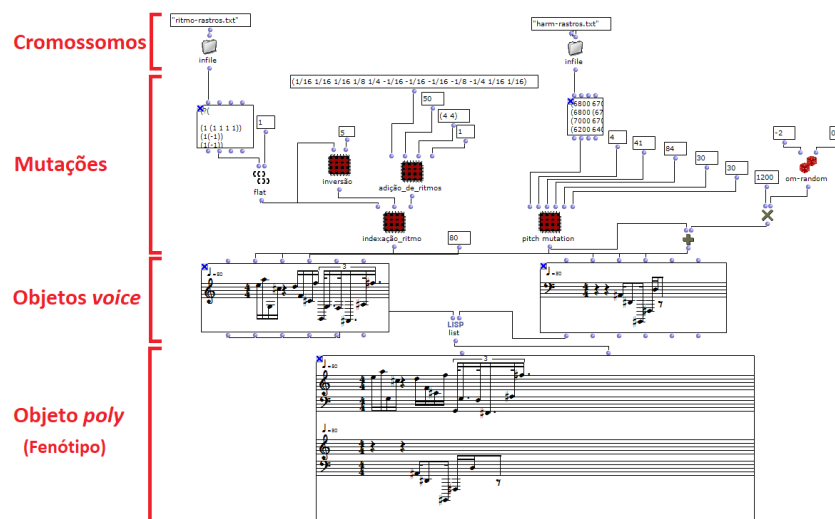


Figura 6 - Patch central do algoritmo criado para a composição de *Rastros*.


10 O objeto classe *voice* em *Openmusic* junta árvores rítmicas e acordes para gerar um *output* em forma de partitura.

No funcionamento do algoritmo ao longo da composição de *Rastros*, inseri novos materiais rítmicos e harmônicos, advindos das variações causadas pelos operadores, no cromossomo (o código), para que as variações subseqüentes tivessem elementos presentes em ideias anteriores.

Todo esse procedimento algorítmico, na verdade, já pressupõe diversos processos de desterritorialização e reterritorialização dentro do próprio algoritmo, devido à reinserção do material no código. Por outro lado, o fenótipo resultante do algoritmo não é o resultado final da partitura e precisou ser elaborado pelo compositor. Como pode ser visto na Figura 6, o *output* do algoritmo representa apenas um compasso de ideia musical, isso ocorreu justamente pela necessidade de que o material musical advindo do computador fosse pequeno e elementar, de modo que eu poderia expandi-lo e alterá-lo.

Um exemplo desse procedimento de expansão e modificação encontra-se na Figura 7. Pode-se averiguar que o *output* do algoritmo é muito diferente da versão final referente aos compassos 26 e 27, escrita na partitura de *Rastros*. No resultado final, além de diminuir pela metade o valor rítmico das notas, a primeira ideia exposta no algoritmo (indicada em vermelho) é repetida e variada (1. 2. 3.). Essa ideia então é seguida de uma exploração (4.) da segunda ideia exposta no algoritmo (em verde) e intercalada com trecho da primeira ideia (5.). Segue-se de uma variação em que elementos da segunda e da terceira ideia encontram-se unidas na mesma célula rítmica, com o primeiro acorde contendo o dó da segunda ideia e o Si bemol (Lá suspenido) da terceira ideia, a segunda nota vinda da segunda ideia e a terceira nota vinda da terceira (6. 7.); há outra intercalação de uma nota da primeira ideia (8.) e, por fim, outra união com elementos presentes na segunda, terceira e quarta ideia exposta no *output* do algoritmo (9. 10. 11.): a única diferença entre esta união e a anterior é a adição do Fá natural no primeiro acorde do motivo, nota esta presente na quarta ideia do algoritmo (o Sol suspenido da quarta ideia coincide com o Sol suspenido da terceira).

1- Output do algoritmo



2- Versão final

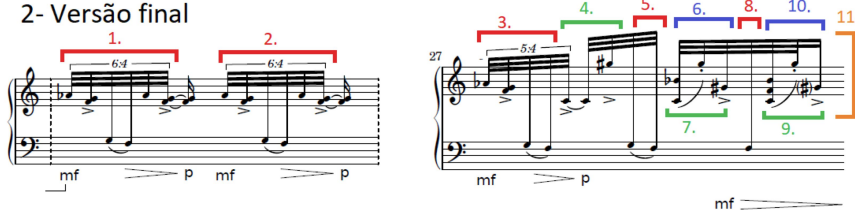


Figura 7 - Comparação entre *output* do algoritmo e a versão final, reterritorializada na partitura.

Durante este processo de desterritorialização do *output* do algoritmo e sua subsequente reterritorialização na partitura final, o material se moldou (sob o desejo do compositor) em uma ideia musical concreta, diferente da inicial (e definitivamente um tanto quanto distante do Motivo D de *Epigramas*, motivo constituinte do trecho em questão). Além dos processos de repetição, diminuição, imbricação e junção das ideias, o compositor também desempenha um papel fundamental na definição das dinâmicas e articulações da parte do piano.

O meu papel quanto compositor não consistiu, portanto, apenas na modificação dos *outputs* individualmente, mas também consistiu no encadeamento das diversas ideias desenvolvidas a partir dos *outputs* emitidos pelo algoritmo. Por vezes, uma ideia adentrou outra, deixando rastros de ideias anteriores nas ideias seguintes.

Na sequência do compasso 27, apresentado na Figura 7, uma nova ideia surge para terminar a Seção A. O algoritmo que originou os compassos 28 e 30 está apresentado na Figura 8 junto com os compassos em questão: pode-se averiguar que o Sol sustenido advindo do compasso 27 permanece até o fim da Seção A, no compasso 30, ligando as duas ideias. O resultado do algoritmo é modificado levemente, com ritmos levemente alterados, mudança de registro e descarte de um motivo do final. Apesar disso, as duas últimas notas do compasso 28 são repetidas nos compassos 29 e 30, como um eco.

The figure displays three staves of musical notation. The top staff, labeled 'Output do algoritmo', shows a piano accompaniment with a tempo of $\text{♩} = 80$. A green box highlights a specific rhythmic motif, with a bracket below it labeled 'Ideias utilizadas' and a blue box labeled 'descarte'. The middle staff, labeled 'rastros da ideia anterior', shows a melodic line with a tempo of $\text{♩} = 80$. A red box highlights a segment of the melody, with a bracket below it labeled 'variação sobre o output do algoritmo'. The bottom staff, labeled 'Expansão do final do compasso anterior', shows a piano accompaniment with a tempo of $\text{♩} = 80$. A red box highlights a segment of the accompaniment, with a bracket below it labeled 'Expansão do final do compasso anterior'.

Figura 8 - Compassos de 27 a 30

Outro exemplo de como esse material advindo do algoritmo se altera encontra-se no começo da Seção B, com o motivo gerado pelo algoritmo apresentado de modo muito diferente na partitura (Figura 9). A melodia destacada em vermelho foi direcionada para a região aguda; algumas notas de todo o trecho foram modificadas (tanto na classe de altura quanto nas oitavas) e o ritmo, por outro lado, também sofreu adaptações.

The figure displays two staves of musical notation. The top staff, labeled 'Output do algoritmo', shows a piano accompaniment with a tempo of $\text{♩} = 80$. A green box highlights a specific rhythmic motif, with a bracket below it labeled 'Ideias utilizadas' and a blue box labeled 'descarte'. The bottom staff, labeled 'Expansão do final do compasso anterior', shows a piano accompaniment with a tempo of $\text{♩} = 70$. A red box highlights a segment of the melody, with a bracket below it labeled 'Expansão do final do compasso anterior'.

Figura 9 - Output do algoritmo e compasso 31, no início da Seção B

A ideia do eco, como o que ocorreu nos compassos 29-30, permeia toda a peça e serviu, para além da construção algorítmica, como fio condutor da peça, ligando os pontos soltos entre trechos advindos do *Openmusic* e gerando as ideias importantes. Os ecos estão presentes também na eletrônica, que faz uso abundante de linhas de *delay* com tempos fixos e variáveis.

A eletrônica em tempo real

Jonathan Harvey em seu artigo *Metaphysics of Live Electronics* (1999) discute a possibilidade que surge a partir do uso da eletrônica em tempo real de criar novos “mundos” sonoros e confundir os sentidos do ouvinte. Ele ressalta a dificuldade que há, por vezes, em se distinguir o som da eletrônica do som dos instrumentos acústicos e indica as possibilidades poéticas a que isso pode levar:

(...) quando a eletrônica é executada em tempo real como instrumento e combinada com instrumentos (ou voz), dois mundos são unidos em um teatro de transformações. Ninguém que está ouvindo sabe mais exatamente o que é instrumental e o que é eletrônico. (...) Quando falta conexão com o mundo instrumental a que se está familiarizado a eletrônica pode ser estranha, outra, não humana, dispersa (como a noção de estar voando no mundo real). Quando a eletrônica está aparentemente conectada ao físico, ao mundo instrumental sólido, a expansão do admissível toma lugar e o mundo “louco” a pertence. (HARVEY, 1999, p.80, tradução do autor¹¹)

Dessa forma, a eletrônica de uma peça pode ser pensada a partir do paradigma do distanciamento e aproximação em relação ao instrumento acústico, de maneira a colocar o ouvinte entre esse mundo “louco” e o real.

Tendo em mente tais possibilidades, resolvi que a construção da parte da eletrônica de *Rastros* se daria de modo a expandir os rastros e os ecos do piano, por vezes unindo os sons eletrônicos ao som instrumental e por vezes fazendo-os atuarem separadamente, em contraponto ao piano. A imagem de ecos e rastros me facilitava, em termos ferramentais, a construção da eletrônica: linhas de *delay* são ferramentas bem conhecidas no âmbito da música eletrônica, responsáveis pela

11 Tradução nossa: *With live electronics, when electronics are performed in realtime like instruments and combined with instruments (or, of course voices), two worlds are brought together in a theatre of transformations. No-one listening knows exactly what is instrumental and what is electronic any more. (...)When they lack their connection to the familiar instrumental world electronics can be inadmissibly alien, other, inhuman, dismissable (like the notion of flying in a rational world). When electronics are seamlessly connected to the physical, solid instrumental world an expansion of the admissable takes place, and the 'mad' world is made to belong.* (HARVEY, 1999, p.80)

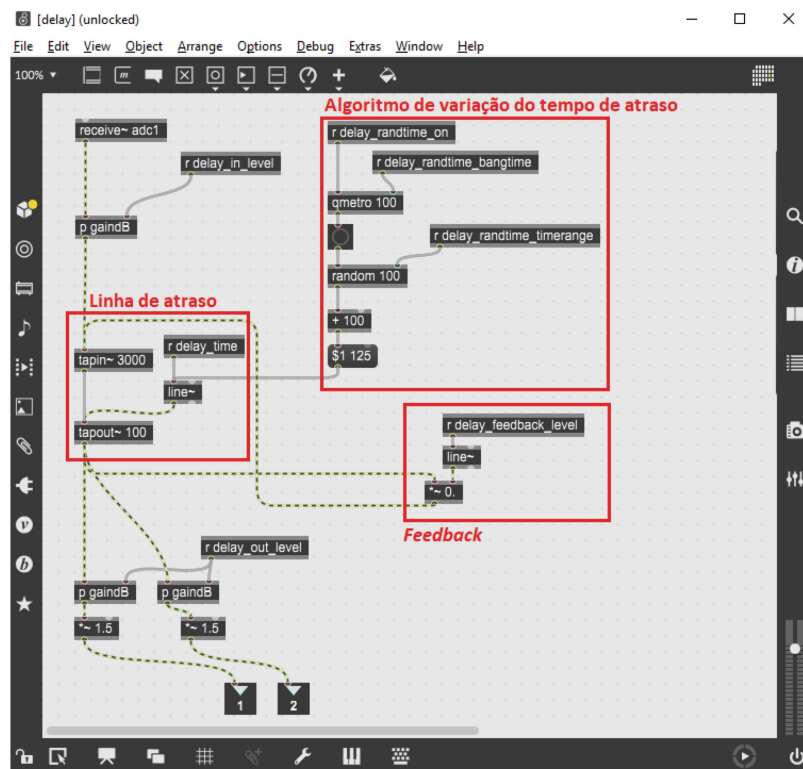
criação digital do efeito de eco (DUTILLEUX, ZÖLZER; 2002, p.70). O *software* escolhido para a construção e execução da eletrônica foi o Max/MSP 7. Não apenas linhas de *delay* estavam no plano inicial da eletrônica, mas também a gravação em *buffers*¹² feita em tempo real de trechos do piano e sua manipulação, o uso de síntese digital e o uso do efeito de *frequency shifting*.

As linhas de *delay* podem ser entendidas, segundo McMannus (2008, p. 805), por um efeito de áudio em que o som atrasado é ouvido em conjunto com o som original. Esse tipo de efeito é construído no Max/MSP através dos objetos [*tapin~*] e [*tapout~*]¹³. O objeto [*tapin~*] recebe o sinal a ser atrasado na sua entrada (*inlet*) e envia para o objeto [*tapout~*], por onde sai o sinal já com o atraso. O tempo máximo de atraso é definido no [*tapin~*] enquanto que o objeto [*tapout~*] define o real tempo de atraso. Por meio do objeto [*tapout~*], portanto, é possível mudar o tempo de atraso - inclusive durante seu funcionamento, no que resulta numa expansão ou compressão do som reproduzido e a subsequente mudança de sua altura. Também foi utilizada um sistema de *feedback*, ou retroalimentação, para transformar a linha de *delay* em um efeito de eco (Figura 10).

Utilizei um algoritmo estocástico contendo os objetos [*qmetro*], [*random*] e [*line~*], para mudar o tempo de atraso do [*tapout~*] durante o funcionamento do efeito, causando uma distorção no som atrasado e mudança de altura. Fiz uso desse efeito, com ou sem a variação do tempo de atraso (Figura 10), em diversos momentos da peça, nas duas Seções.

12 *Buffers* são armazenamentos locais de dados.

13 Acesse o manual do Max/MSP para mais informações acerca das funções e argumentos dos objetos do *software*. Fonte: < <https://docs.cycling74.com/max7/> > Acesso em 24/04/2019

Figura 10 - Linha de *delay* em *Rastros*

Foram também utilizados quatro objetos [*buffer~*] para guardar as gravações do piano feitas em tempo real. Este objeto armazena temporariamente dados na memória do programa, enquanto o objeto [*play~*] permite que a gravação seja tocada no sentido normal ou reverso (de trás pra frente), assim como permite mudar a velocidade de execução – o que altera a altura do som reproduzido.

Utilizei esse recurso na Seção A (como no trecho apresentado na Figura 5) e na Seção B, gravando o piano ao longo da peça e o reproduzindo momentos depois. Essas reproduções estavam sempre revertidas, com o tempo de reprodução alterado ou os dois, de modo a deformar os rastros do piano e trazendo certa estranheza ao conhecido som do piano – ou, lembrando as palavras de Harvey, como se estivéssemos voando no mundo real.

Durante a peça também utilizei dois tipos distintos de sintetizadores, com funções diferentes. Um sintetizador aditivo com até três vozes e um sintetizador por *waveshaping*. O sintetizador aditivo replicava, reforçava e/ou se contrapunha a melodia do piano, tendo suas frequências controladas por mensagens na “partitura eletrônica” criada no Max (falaremos disso mais a frente).

Síntese aditiva é a construção de um som por meio da adição das diversas parciais que o compõem; essas parciais geralmente são obtidas através de osciladores que geram ondas senoidais (FARNELL, 2010, p. 256, p.267-272). Contudo, na eletrônica de *Rastros*, construí as parciais de cada uma das vozes do sintetizador a partir da filtragem de um ruído rosa com um filtro passa-banda, ou seja, as parciais da síntese aditiva foram obtidas a partir de um processo de síntese subtrativa (FARNELL, 2010, p.257).

Essas vozes, muitas vezes, expandiam as notas tocadas pelo piano, como é o caso desse trecho da Figura 11, em que o Fá 5 do compasso 35 tocado pelo piano é imitado na eletrônica. Essa nota permanece até o compasso 40, onde o sintetizador é desligado novamente.

Figura 11 - Expansão, pela eletrônica, do que é tocado pelo piano. (pautas de cima – piano; pauta de baixo – representação da eletrônica)

Em outros casos, os sintetizadores aditivos agem de maneira independente, tocando acordes ou realizando *glissandi* entre notas. Mas na maior parte desses momentos em que os sintetizadores agem de modo independente, como um contraponto, é para ligar-se à melodia do piano depois – num contínuo processo de associação e dissociação das melodias. Isso ocorre como no exemplo da Figura 12: as vozes 1 e 2 do sintetizador foram desligadas no compasso 12 enquanto que a voz 3 realiza um *glissando* rumo à nota que será tocada pelo piano no compasso 13.

Figura 12 - *Glissando* do sintetizador 3, rumo ao Ré 1 que será tocado pelo piano no compasso 13.

O sintetizador por *waveshaping*, por outro lado, não foi pensado para gerar melodias claras, mas sim camadas sonoras ruidosas que diferiam radicalmente do que estava sendo tocado pelo piano.

Waveshaping, segundo Farnell (2010, p. 283-285) é uma técnica que consiste em modificar o formato de uma onda por meio de uma função de transferência que modifica os valores da amplitude. Essa função é guardada dentro de um *[buffer~]* no Max/MSP e pode ter seus valores modificados por meio do objeto *[peek~]*. De tal maneira, a função é descrita de maneira gráfica, um gráfico cartesiano em que x e y vão de -1 a 1, (Figura 13 – Gráfico da função de transferência) e pode ser modificada por meio de um algoritmo que “escreve” (Figura 13 – algoritmos da função de transferência) sobre o *buffer* da função de transferência (representado no gráfico) ao longo do tempo. Esse gráfico é a tabela de transferência pelo qual o sinal processado irá ter seus valores de amplitude modificados (o objeto *[lookup~]* realiza essa função no Max/MSP).

Sendo assim, construí cinco algoritmos que “escreviam” os valores do gráfico de maneira diferente: (1) cria um gráfico em que os valores de $x = y$ e que atribui os valores de -1 a 1 sequencialmente ao longo do tempo, (2) cria um gráfico que atribui os valores de maneira aleatória (não sequencial) ao longo do tempo, (3) cria um gráfico $x = 0$, que apagava os valores da função de -1 a 1 sequencialmente ao longo do tempo, (4) cria um gráfico que atribui valores aleatórios a x (entre -1 e 1) de maneira aleatória ao longo do tempo, (5) cria um gráfico que atribui valores aleatório aos valores de x entre 0 e 1 apenas, deixando os valores de x abaixo de 0 intactos.

Outro algoritmo estocástico me permitia fazer *glissandi* entre 200 Hz e 1200 Hz. Desse modo, pude combinar esses 5 algoritmos da função, o algoritmo do *glissando* e um algoritmo que modificava gradativamente a frequência e a ressonância de um filtro *low-pass* para fazer o timbre do sintetizador variar ao longo

do tempo de modo não definido, dando um sentido mais textural e menos melódico ao sintetizador por *waveshaping* (diferentemente do sintetizador por síntese aditiva).

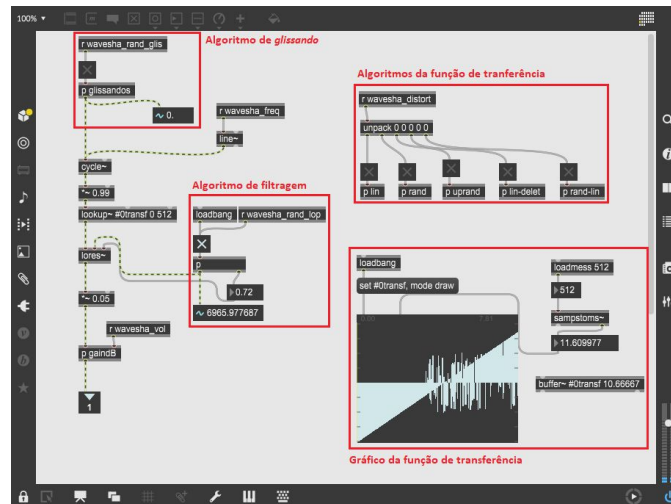


Figura 13 - Sintetizador por *waveshaping*

Por fim, o último recurso utilizado foi o objeto [*freqshift~*], que é capaz de distorcer o espectro harmônico do som processado por meio da adição de certa quantidade de Hertz a todas as suas parciais. Esse processo é capaz de distorcer, mas não de transpor o som, já que um som composto por duas parciais 200 Hz e 400 Hz ao ter 50 Hz somado às suas parciais passa a possuir duas parciais de 250 Hz e 450 Hz: ou seja, muda a relação das alturas das parciais, se antes era uma oitava, agora o intervalo entre ambas as parciais é outro.

Esse recurso foi utilizado extensivamente durante toda a Seção B (e brevemente durante a Seção A), transformando inteiramente o timbre do piano (juntamente com uma linha de *delay* com um tempo curto de atraso).

O controle da eletrônica se deu por meio de uma “partitura digital”, em que todos os controles dos processos envolvidos eram feitos por meio de mensagens no Max/MSP. Foram ao todo 23 mensagens (eventos) que eram disparadas pelo executante da eletrônica por meio da barra de espaço do computador. Os 23 eventos estão indicados na partitura, em números contidos em círculos, e também no *patch* de concerto. A mixagem ao vivo dos processos pode ser feita por meio de alguma controladora e é essencial para que o som do piano e o som da eletrônica estejam balanceados, já que em cada situação de apresentação as condições de execução mudam.

Considerações (finais)

A composição de *Rastros* partiu da análise musical de duas peças para piano e se desdobrou em inúmeros procedimentos que, juntos, fizeram parte do processo criativo e deram origem ao resultado final – partitura do piano e eletrônica.

Esses procedimentos envolveram a análise, a construção de algoritmos e a construção da eletrônica e, apesar do envolvimento contínuo do computador durante o processo, a criação se desdobrou em função das expectativas e inspirações do compositor – os rastros.

Os rastros poéticos, contudo, não se restringiram unicamente aos rastros oriundos das análises: também eram rastros do próprio material musical surgido ao longo da peça, rastros do piano na eletrônica, rastros do algoritmo na partitura, rastros do compositor, todo o tipo de rastro dos inúmeros processos de desterritorialização e reterritorialização e dos processos de percepção, análise e síntese que constituíram o processo de criação da peça.

Em Mannis (2014, p.217-218), o ciclo percepção-análise-síntese ocorre em espiral, se aprofundando cada vez mais em seu objeto de percepção: o objeto percebido é analisado e conseqüentemente sintetizado, então a síntese é submetida a outros processos de percepção e análise, resultando em outra síntese (e assim por diante, *ad. infinitum*). De tal modo, as sínteses resultantes de minha análise foram desterritorializadas e constituídas como material musical em suspensão, prontos para serem reterritorializados na composição (a síntese). Tais materiais desterritorializados foram determinantes para a forma macro da peça e constituíram também as pequenas estruturas e motivos da peça. Em cada um desses momentos esses materiais eram variados, recriados e moldados: inicialmente de maneira intuitiva ao piano e, posteriormente, com o auxílio do algoritmo. A partir do que foi escrito na partitura surgiu a eletrônica.

E todo esse caminho foi guiado pelas imagens dos rastros musicais.

Portanto há durante todo o processo criativo de *Rastros* inúmeros ciclos percepção-análise-síntese e, conseqüentemente, diversas instâncias de desterritorialização e reterritorialização que se perpassam: das peças analisadas para o compositor, do compositor para o material musical selecionado, do material selecionado para a forma, do material selecionado para o algoritmo, do algoritmo

para ele mesmo, do algoritmo para a partitura, da partitura para a eletrônica, e inúmeros outros processos sutis.

O processo algorítmico foi parte fundamental da criação, mas, de maneira alguma, foi gerador do resultado final. O algoritmo utilizado no *Openmusic* retornava como *outputs* um compasso de música (divido em duas vozes) e esse trecho de partitura era então moldado e conformado para ser territorializado em *Rastros*. Esse processo quase dialético permitiu encontrar uma unidade musical ao longo da peça e criar um sentido narrativo em conjunto com a eletrônica.

A inserção da eletrônica, por outro lado, possibilitou expandir o mundo sonoro da peça. Esse mundo novo, contudo, foi construído tendo a parte do piano como a estrutura sobre a qual se fundamentar, expandindo os rastros e dialogando com a linha do instrumento.

De um modo geral, a composição assistida e a eletrônica apresentaram novos paradigmas para a construção musical, sendo necessário a todo instante adequar-se a essas ferramentas (incluindo erros e limitações dos *softwares* e limitações do compositor-programador) num infinito processo de percepção-análise-síntese.

Referências

FARNELL, Andy. **Designing sound**. Cambridge [Estados Unidos]: MIT Press, c2010.

FERRAZ, Silvio. Para uma arte que se inventa a todo tempo cabe uma ferramenta de análise que se invente junto com esta arte. Encontro Nacional de Composição Musical de Londrina. Londrina, 2014. **Anais...** Londrina, 2014, p. 190-197

HARVEY, Jonathan. The metaphysics of live electronics. **Contemporary Music Review**. Londres. v. 18:3, p. 79-82, 1999.

HILLER, L.; Isaacson, L. **Experimental Music**. McGrae-Hill Book Company, Inc.: New York, 1959.

HUSBAND et. al. An Introduction to Evolutionary Computing for Musicians. In **Evolutionary Computer Music** ed. MIRANDA, E.; BILES, J.; Springer-Verlag: London, 2007.

MANNIS, José Augusto. Processos Cognitivos de Percepção, Análise e Síntese Atuando no Processo Criativo: Mimesis de Mimesis. Encontro Nacional de Composição Musical de Londrina. Londrina, 2014. **Anais...** Londrina, 2014, p. 198-225.

MCMANNUS, Steven. Delay. In: BALLOU, Glen (org.) **Handbook For Sound Engineers**. 4th ed. Amsterdam: Elsevier: Focal, 2008. p.805-816.

NIERHAUS, Gerhard. **Algorithmic Composition**: Paradigms of automated Music Generation. Mörlenbach: SpringerWienNewYork: 2009

PAZ, Ermelinda. **Edino Krieger**: crítico, produtor musical e compositor. Rio de Janeiro, v.2.2012

STRAUS, J. N. **Introdução à Teoria Pós-tonal**. 2. Ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 2000.

ZAMACOIS, Joaquin. **Curso de formas musicales**: con numerosos ejemplos musicales. 8. ed. Barcelona: Labor, 1990. 275 p. ISBN 8433578367 (enc.).

DUTILLEUX, P.; ZÖLZER, U. Delays. In: ZÖLZER, U (org.). **DAFX – Digital Audio Effects**. West Sussex: John Wiley & Sons, 2002. p.63-74.