

Sistema *etnomatemático*: uma metodologia probabilística para geração de repositórios composicionais a partir de transformações em intertextos de tradição oral

MODALIDADE: Composição

Esdras Sarmiento Ferreira
UFCEG – *esdras_ufrpb@hotmail.com*

Raphael Sousa Santos
UFCEG – *raphaelss@gmail.com*

Flávio Fernandes de Lima
IFPE/ CPM – *quartetoide@gmail.com*

Liduíno José Pitombeira de Oliveira
UFCEG – *pitombeira@yahoo.com*

Resumo: Este artigo descreve o sistema composicional *etnomatemático* que aplica transformações controladas pela distribuição de Poisson em intertextos de tradição oral, gerando repositórios composicionais que serão utilizados no planejamento do *Quarteto de Cordas N.2*. Um aplicativo computacional, elaborado em Python durante a pesquisa, permite a entrada dos intertextos e dos parâmetros de controle produzindo segmentos transformados no formato PDF.

Palavras-chave: Sistema *Etnomatemático*. Intertextualidade. Planejamento composicional.

***Etnomatemático* system: a probabilistic methodology for the generation of compositional repositories from transformations of intertexts of oral tradition**

Abstract: This article describes the *etnomatemático* compositional system, which applies transformations controlled by the Poisson distribution into intertexts of oral tradition, generating compositional repositories that will be used in the planning of the *String Quartet No.2*. A computer application, developed in Python during the research, allows the entry of intertexts and control parameters producing segments processed in PDF format.

Keywords: *Etnomatemático* system. Intertextuality. Compositional Planning.

1 Introdução

Iannis Xenakis (1992), em sua obra *Formalized Music*, apresenta uma metodologia composicional que envolve quatro grandes áreas: estocástica, cadeias de Markov, teoria dos jogos e teoria dos conjuntos. A estocástica, aplicada à música, se traduz na utilização de processos probabilísticos no controle de parâmetros musicais, tais como densidades, graus de desordem e taxas de mudança. No sistema composicional *etnomatemático*¹, nos fundamentamos no trabalho desenvolvido por Xenakis ao utilizarmos um modelo probabilístico – distribuição de Poisson – para a geração de repositórios composicionais, a partir da transformação de intertextos oriundos da tradição oral. Para isso, nos apropriamos de linhas melódicas de tradição oral e, por meio de transformações

controladas por esta distribuição probabilística, deformamos estas melodias, gerando repositórios que foram posteriormente utilizados na construção de uma obra original para quarteto de cordas.

Inicialmente, realizaremos uma descrição pormenorizada de nossos referenciais teóricos (sistemas composicionais, teoria da intertextualidade e distribuição de Poisson) para, em seguida, descrever as fases de elaboração de um sistema composicional, cuja finalidade é realizar transformações, em nível melódico, de trechos recolhidos da tradição oral.

2 Sistemas Composicionais

O pensamento sistêmico surge, na primeira metade do século XX, como uma solução para o fato de que o pensamento mecanicista tornava-se incapaz de conceber explicações para fenômenos biológicos e sociais. De acordo com Midgley (2007:14), a teoria dos sistemas é introduzida como algo semelhante a “um antídoto ao reducionismo vigente”, que ficava cada vez mais especializado e focado em cada área de estudo buscando estabelecer sempre relações de linearidade e causa na tentativa de descrever, modelar e resolver problemas associados a diversos fenômenos trazidos pelas ciências naturais e sociais.

Muitas são as definições de sistema. Uma definição de senso comum retirada do *Webster's New World Dictionary* e formalizada por Klir (1991:4-5) é “um conjunto ou arranjo de coisas relacionadas ou conectadas de tal maneira para formar uma unidade ou todo orgânico”. Baseado nesta definição, Klir esboça uma estrutura formal: $S = (O,R)$, onde S, designa o sistema, O, o conjunto de objetos e R, os conjuntos de relações entre os objetos.

Podemos ainda compreender a ideia de sistema de acordo a partir da definição dada por Ludwig Von Bertalanffy (2008:84): “Um sistema é um conjunto de elementos em interação”. O autor ao hierarquizar os sistemas situa a música e as artes em geral, bem como a linguagem, em um nível de hierarquia denominado Sistemas Simbólicos, os quais se organizam por meio de algoritmos simbólicos ou, usando a denominação de Bertalanffy, por meio de “regras do jogo” (ibidem, p.53).

Buscando ainda uma definição mais concreta de sistema composicional podemos citar Flávio Lima (2011:65) que define Sistema Composicional como “um conjunto de diretrizes, formando um todo coerente, que coordena a utilização e interconexão de parâmetros musicais, com o propósito de produzir obras”. Partindo deste princípio, criamos o sistema composicional para o *Quarteto de cordas N.2* utilizando melodias de tradição oral e

criando procedimentos de deformações destas melodias por meio de relações matemáticas controladas pela distribuição de Poisson.

3 Intertextualidade

A criação de novos materiais a partir de uma perspectiva de reciclagem de textos anteriores caracteriza o processo que Bakhtin, um dos precursores da intertextualidade, denomina construção híbrida (BAKHTIN, 1981:304-305). Fala-se de intertextualidade quando diversos textos originais se fundem na gênese de algo totalmente novo. Este novo texto, gerado pela fusão de intertextos, realiza a coordenação da estrutura e do sentido.

A utilização de materiais musicais presentes nas obras de outros compositores, seja ela intencional ou não, nos mostra uma maneira de desenvolvimento e elaboração textuais onde diferentes estruturas originais, quando unidas e adaptadas, formam outra estrutura nova e claramente diferente. Nesta linha de pensamento, Kaplan assegura que “fora da intertextualidade uma obra musical é simplesmente incompreensível” (KAPLAN, 2006:19). Assim, a intertextualidade permite que estruturas musicais já existentes, sejam modificadas ou mesmo se fundam com outras, dando origem a outras totalmente diferentes, muitas vezes com o máximo de distanciamento.

4 Distribuição de Poisson

Em eventos aleatórios, usa-se o termo distribuição para indicar a proporcionalidade de ocorrência de determinadas probabilidades. Tomemos, por exemplo, o lançamento de um dado. A probabilidade de ser sorteado um determinado número é uniformemente distribuída entre todos os valores possíveis, ou seja, todas as faces, de 1 a 6, têm a mesma chance de ocorrência.

Há vários tipos de distribuição de probabilidade. Um tipo que nos interessa particularmente neste artigo, é a distribuição de Poisson, que, formalmente, é utilizada para eventos independentes² e quando, concomitantemente, se conhece a média de distribuição destes eventos no tempo ou no espaço. Por exemplo, se para um trecho de dez compassos, exclusivamente construído com a classe de conjuntos [014], se sabe que o tricíorde (014) aparece literalmente (ou seja, Dó, Dó#, Mi) em média 0,5 vezes por compasso, a distribuição de Poisson nos permite estimar a probabilidade de n aparições deste tricíorde, em sua forma literal. Esta distribuição pode ser calculada pela fórmula $P(k) = (\lambda^k \cdot e^{-\lambda}) / k!$, onde P é a

probabilidade de k , ou seja, do valor que se quer conhecer, λ é a média conhecida e e , é uma constante denominada número neperiano. Assim, aplicando-se esta fórmula, obtém-se que a probabilidade de haver 0 tricordes (014) literais, por compasso é de 60%, a probabilidade de se ter 1 desses tricordes por compasso é 30% e a possibilidade de se ter 2 tricordes por compasso é de aproximadamente 10%. Estes resultados podem ser utilizados, então, para a composição de um trecho que seja fiel à distribuição de Poisson (Figura 1).



Figura 1: Trecho composto de acordo com a distribuição de Poisson

5 Sistema composicional etnomatemático

O sistema composicional etnomatemático, foi concebido por meio de um algoritmo composto de cinco definições, mostradas a seguir. A Definição 3 foi automatizada com o auxílio de um aplicativo computacional elaborado em Python. O resultado final é processado por um aplicativo de edição de partitura (Lilypond), que nos fornece um segmento transformado em notação musical no formato PDF, ao qual serão aplicados pequenos ajustes na estrutura rítmica.

DEFINIÇÃO 1: *Linha melódica.* Escolhemos um determinado número de melodias de tradição oral (não mais do que três) e as rotulamos de X, Y e Z. Para uma melhor manipulação, cada evento de cada melodia é tratado como um dado multidimensional, isto é, os parâmetros componentes são considerados simultaneamente. Por exemplo, se considerarmos apenas altura (a), registro (r) e duração (d)³, a melodia pode ser descrita através de pares ordenados, ou seja, $X = \{((ax_1, rx_1), dx_1), ((ax_2, rx_2), dx_2), \dots, ((ax_n, rx_n), \dots, adx_n)\}$, com n dados. Se o evento consiste de uma pausa, a letra ‘p’ substitui o par ordenado referente

à altura e ao registro. Após a escolha, dividimos as melodias X, Y e Z aleatoriamente em m segmentos $(S_1X, S_2X, \dots, S_mX)$, $(S_1Y, S_2Y, \dots, S_mY)$ e $(S_1Z, S_2Z, \dots, S_mZ)$.

DEFINIÇÃO 2: *Transformação melódica.* Cada um dos segmentos das melodias X, Y e Z será submetido a uma série de transformações melódicas sorteadas de acordo com a distribuição de Poisson. Para isto, atribuímos um valor hierárquico a cada uma das transformações, de acordo com o nível de deformação que se deseja. Um exemplo desta hierarquia de valores pode ser vista na Tabela 1.

Transformação	K
Transposição 1 (+/- 7)	1
Transposição 2 (+/- 2)	2
Aumentação/Diminuição (δ = definido)	3
Compressão/Expansão (μ = definido)	4
Inversão	5
Retrogradação	6
Retrogradação da inversão	7
Rotação 1 ($\beta=1$)	8
Rotação 1 ($\beta=2$)	9
Permutação	10

Tabela 1: Hierarquia das transformações melódicas

Esta tabela foi estruturada, de acordo com transformações utilizadas arbitrariamente. Porém, ao utilizar o sistema, o compositor pode inserir novas transformações e atribuir pesos hierárquicos diferenciados de acordo com suas próprias concepções. Após hierarquizar os valores das transformações, o compositor insere no sistema as seguintes informações: 1) os dados dos eventos referentes a cada segmento, no formato explicitado na Definição 1; 2) O valor de λ , que é uma média estipulada pelo próprio compositor, sendo um valor entre 1 e 5; e 3) o número de partições para cada segmento, sendo esse número menor que a quantidade de eventos do segmento. Utilizando a distribuição de Poisson, o sistema calcula P_k , sendo k o peso atribuído a cada transformação e, em seguida, o sistema sorteia, com a mesma distribuição, as transformações que serão aplicadas a cada segmento, produzindo novos segmentos $(S_1X, S_2X, \dots, S_mX)_1$, $(S_1Y, S_2Y, \dots, S_mY)_1$ e $(S_1Z, S_2Z, \dots, S_mZ)_1$. Partindo dos mesmos dados de entrada, o sistema gera diferentes repositórios cada vez que é disparado, ou seja, se dispararmos o sistema cinco vezes, ele gerará cinco conjuntos de repositórios diferenciados a partir da mesma entrada.

DEFINIÇÃO 3: *Geração de repositórios.* Os segmentos resultantes constituirão os repositórios que serão utilizados pelo compositor na fase de planejamento composicional.

Além, disso, estes mesmos segmentos poderão ser reaplicados ao sistema, quantas vezes se julgar necessário, produzindo novos repositórios adicionais.

DEFINIÇÃO 4: *Planejamento gráfico.* Nesta fase, o compositor elaborará um planejamento gráfico onde os repositórios serão posicionados na textura musical.

DEFINIÇÃO 5: *Ajustes.* Nesta fase, o compositor realizará pequenos ajustes nos parâmetros duração, ponto de ataque e registro, tanto por decisões composicionais tomada no momento de escrita da obra, como para acomodar os repositórios às necessidades métricas do novo texto.

6 Planejamento do primeiro movimento do *Quarteto de cordas N.2*

Nesta seção descreveremos o planejamento composicional do primeiro movimento do *Quarteto de Cordas N. 2*. O primeiro passo consistiu na escolha de três melodias de tradição oral – “A Pipira é bonitinha”, “Marabaixo” e “Ó sabiá vai pro teu ninho” – todas extraídas de Cavalcante (2010:5-11). Na Figura 2 a primeira melodia é mostrada com seus respectivos segmentos. Cada um destes segmentos foi alimentado no aplicativo, produzindo, para cada segmento, cinco repositórios. A Figura 3 mostra o primeiro dos cinco repositórios produzidos a partir da manipulação do sistema etnomatemático tendo como entrada o segmento S_1X (primeiro segmento do intertexto X), utilizando o mesmo valor de λ (3), o mesmo número de partições (7) e os mesmos parâmetros de transformação: transposição1 = 7, transposição 2 = 2, aumento = 0.5, expansão = 2, rotacao1 = 1 e rotacao2 = 2. Após a produção de todos os repositórios, um planejamento gráfico foi elaborado com o intuito de posicioná-los na textura musical.

O primeiro movimento do *Quarteto de Cordas N.2* foi estruturado em um andamento lento (60 bpm), com duração de 3 minutos, o que resulta em 180 semínimas, as quais, distribuídas em uma métrica 4/4, produzem 45 compassos, que foram divididos em 9 seções de 5 compassos. O diagrama da Figura 4 mostra o planejamento gráfico das três primeiras seções da obra. Observa-se, nesta figura, que, por exemplo, a primeira seção utiliza todos os repositórios S_2X e S_4X , na viola e no violoncelo, respectivamente. Os violinos replicam estes materiais uma quinta justa acima (com ajustes no registro por conta da extensão do instrumento), indicada com o expoente +7. No último compasso da seção todos os instrumentos dobram o último segmento do violoncelo. Este gesto marca o final da primeira seção. Na Figura 5, mostramos a realização musical do planejamento para a primeira seção da obra.

9. A Pipira é bonitinha⁽²⁾
(Cordão de pássaro)

A Pi - pi-ra é bo-ni - nha E-la é pas-sa-ri-nho e bem - E la é fi-lha da fi- lhi
- nha da ci - da-de de San - ta - rên - As - sim da Pân - de - ga
Ca - mi-nhão da ro - ça e da Pi - pi - ra nin - guém faz tro - ça

Figura 2: Segmentação da melodia “A Pipira é bonitinha” (Fonte: Cavalcante, 2010:5)

Figura 3: Repositório $(S_1X)_1$ gerado a partir do primeiro segmento (S_1X) da melodia “A Pipira é bonitinha”

X					Y					XY				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$(S_1X)_1^{+7}$	$(S_2X)_2^{+7}$	$(S_3X)_3^{+7}$	$(S_4X)_4^{+7}$	$(S_5X)_5^{+7}$	$(S_1Y)_6$	$(S_2Y)_7$	$(S_3Y)_8$	$(S_4Y)_9$	$(S_5Y)_{10}$	$(S_1XY)_{11}$	$(S_2XY)_{12}$	$(S_3XY)_{13}$	$(S_4XY)_{14}$	$(S_5XY)_{15}$
$(S_1X)_1^{+7}$	$(S_2X)_2^{+7}$	$(S_3X)_3^{+7}$	$(S_4X)_4^{+7}$	$(S_5X)_5^{+7}$	$(S_1Y)_6$	$(S_2Y)_7$	$(S_3Y)_8$	$(S_4Y)_9$	$(S_5Y)_{10}$	$(S_1XY)_{11}$		$(S_1XY)_{13}$		
$(S_2X)_2$	$(S_3X)_3$	$(S_4X)_4$	$(S_5X)_5$	$(S_6X)_6$	$(S_1Y)_6^{-8}$	$(S_2Y)_7^{-8}$	$(S_3Y)_8^{-8}$	$(S_4Y)_9^{-8}$	$(S_5Y)_{10}^{-8}$					
$(S_1X)_1$	$(S_2X)_2$	$(S_3X)_3$	$(S_4X)_4$	$(S_5X)_5$										

Figura 4: Planejamento gráfico das três primeiras seções do primeiro movimento do *Quarteto de Cordas N.2*

Violin 1: mf , mp , mf

Violin 2: p

Viola: p

Cello: mf , mp , mf

Section 3: f , mp , f , p , mf , pp

Figura 5: Primeira seção do primeiro movimento do *Quarteto de Cordas N.2*

Referências:

BAKHTIN, M. *The Dialogic Imagination: Four Essays*. Austin: University of Texas Press, 1981.

BERTALANFFY, Ludwig von. *Teoria Geral dos Sistemas*. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 2008.

CAVALCANTE, Fábio Gonçalves. *Músicas de Domínio Público do Folclore Santareno: Livro de Partituras I - Melodias*. Santarém: Creative Commons, 2010.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. Sociedade, cultura, matemática e seu ensino. *Revista Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, p. 99-120, 2005.

KAPLAN, José Alberto. Ars inveniendi. *Revista Claves*, n. 01, maio 2006, p. 15-25.

KLIR, George. *Facets of Systems Science*. New York: Plenum, 1991.

KOSTKA, Stefan; PAYNE, Dorothy. *Tonal Harmony*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, Inc., 1994.

LIMA, Flávio. *Desenvolvimento de Sistemas Composicionais a partir de Intertextualidade*. João Pessoa, 2011. 240f. Dissertação (Mestrado em Música). Universidade Federal da Paraíba.

MIDGLEY, Gerald. Systems Thinking for Evaluation. In: WILLIAMS, Bob; IMAN, Iraj (Ed.). *Systems Concepts in Evaluation: An Expert Anthology*. Point Reys, CA (EUA): Edge Press of Inverness, 2007, p. 11-34.

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

Notas

¹ O nome deste sistema composicional se inspira no programa Etnomatemática, desenvolvido pelo Prof. Ubiratan D'Ambrosio, que propõe “uma teoria de conhecimento transdisciplinar e transcultural” (D'AMBRÓSIO, 2005:99). No entanto, esta semelhança não é de ordem estrutural, ou seja, se restringe somente à denominação.

² O lançamento de dois dados, por exemplo, constitui um conjunto de eventos independentes, já que os resultados de um não afeta os resultados de outro.

³ Para a duração estamos utilizando a seguinte tabela de equivalência: mínima = 2, semínima = 1, colcheia = 0.5 e semicolcheia = 0.25.