

As Telas de Xenakis como base para a composição de *Bondage II*

MODALIDADE: COMUNICAÇÃO

SUBÁREA: Composição e Sonologia

Raphael Sousa Santos
contact@raphaelss.com

Liduíno José Pitombeira de Oliveira
Universidade Federal do Rio de Janeiro – pitombeira@musica.ufrj.br

Resumo. O conceito de telas de Xenakis e os processos markovianos serviram de base para a elaboração de um sistema de performance eletroacústica em tempo real e a consequente criação da obra *Bondage II*, partindo do filme *Of Human Bondage*, de John Cromwell. No trabalho, realizamos uma breve descrição dos referenciais teóricos – telas de Xenakis e processos markovianos – e detalhamos os procedimentos envolvidos na elaboração do sistema, incluindo a preparação do arquivo e a programação dos processadores em *Csound*.

Palavras-chave. Música eletroacústica. Telas de Xenakis. Processos markovianos.

The Screens of Xenakis as basis for the composition of *Bondage II*

Abstract. The concept of screens by Xenakis and the Markovian processes were the basis for the development of a real-time electroacoustic performance system and the consequent creation of the work *Bondage II*, based on the film *Of Human Bondage*, by John Cromwell. In the work, we make a brief description of the theoretical references – Xenakis' screens and Markovian processes – and we detail the procedures involved in the elaboration of the system, including file preparation and the programming of processors in *Csound*.

Keywords. Electroacoustic music. Xenakis' Screens. Markovian Processes.

1. Introdução

Neste trabalho, utilizamos o conceito de tela de Xenakis associado a um processo markoviano para criar um sistema de performance em tempo real que parte das imagens de um arquivo de vídeo. Examinamos brevemente cada um desses referenciais teóricos (seções 2 e 3) para, em seguida, detalhar o sistema e o seu uso na construção da obra *Bondage II*, baseada no filme *Of Human Bondage*, de John Cromwell.

2. Telas de Xenakis

Xenakis define uma tela como a representação gráfica de uma nuvem de grãos em um intervalo de tempo (1990, p.51). Se, assim como o próprio Xenakis, considerarmos que uma tela ocupa um intervalo de tempo arbitrariamente pequeno, podemos interpretá-la como a representação de um dado “instante sonoro” e realizar sua notação gráfica com um simples plano de duas coordenadas – frequência e intensidade, como exemplificado na Figura 1.

Entretanto, devemos ter sempre em mente que isto é uma simplificação e que cada tela ocupa, necessariamente, um espaço no tempo em que os grãos são distribuídos.

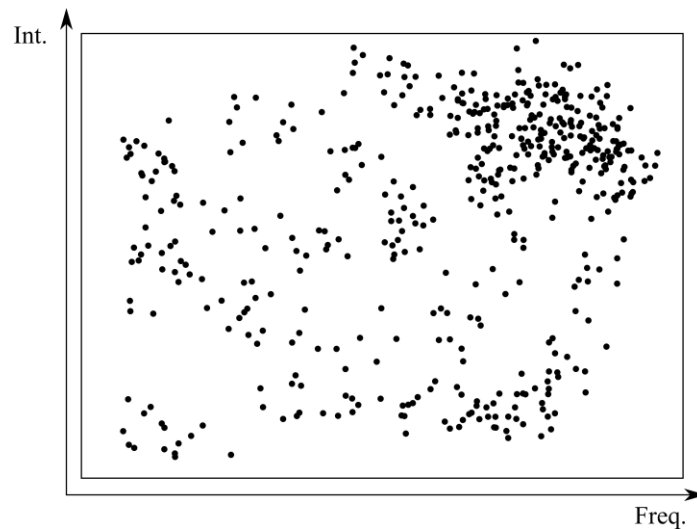


Figura 1: Tela sonora

Cada ponto na tela representa um grão com a respectiva frequência e intensidade que ocorre naquele instante sonoro. Da mesma forma que um filme é composto por uma sequência de imagens estáticas (instantes capturados em *frames*), a evolução de um som pode ser descrita pela sucessão de várias telas sonoras. Ainda segundo Xenakis, este método seria suficiente para representar a vida de qualquer som (1990, p.51).

3. Cadeias de Markov

Um processo markoviano é um processo em que o estado em um dado instante depende apenas do estado que o precede e de nenhum estado anterior (PAPOULIS, 2002, p.695). Processos markovianos podem ocorrer em tempo discreto ou contínuo. Uma cadeia de Markov é um caso específico de processo markoviano em que o sistema pode ocupar um número finito ou infinito, mas contável, de estados. Cadeias de Markov em tempo discreto são o nosso ponto de interesse e já foram utilizadas extensivamente nas áreas de composição musical, análise e modelagem.¹ Aqui, após uma breve explicação prática sobre como cadeias de Markov podem ser utilizadas na música, discutimos o uso feito por Xenakis desse procedimento bem como nossa metodologia para gerar uma sequência de telas.

Consideremos a seguinte sequência de acordes do *Altes Minnelied*, do *Deutsche Volkslieder*, de Brahms, exibida na Figura 2. Ao contabilizarmos todas as transições entre acordes e as representarmos através de um grafo, produzimos o diagrama mostrado na Figura

3. Nessa representação, indicamos os movimentos entre os acordes presentes no trecho. Por exemplo, de 3 transições partindo do vi, 1 tem como destino o ii, 1 tem como destino o V e 1 tem como destino o I⁶.

Andante con espressione

Singstimme
 1. Ich fahr da hin, wenn es muß sein, ich scheid mich von der Liebsten mein, zu letzt laß ich ihrs
 2. Das sag ich ihr und niemand mehr: meinm Her zen gschah noch nie so weh. Sie lie bet mich je

Pianoforte

F: V I I⁶ V IV⁶ I₄⁶ V² I⁶ I V I V⁶ I V₄⁶ V⁷/V V⁷ I V I V

Her ze mein, die weil ich leb, so soll es sein. Ich fahr da hin, ich fahr da hin!
 län ger je mehr, durch Mei den muß ich lei den Pein. Ich fahr da hin, ich fahr da hin!

IV⁶ I₄⁶ ii₅⁶ I⁶ I ii⁷ I⁶ IV I⁶ I vi V vi I⁶ vi ii V I V I

Figura 2: Progressão harmônica no *Minnelied*, de Brahms

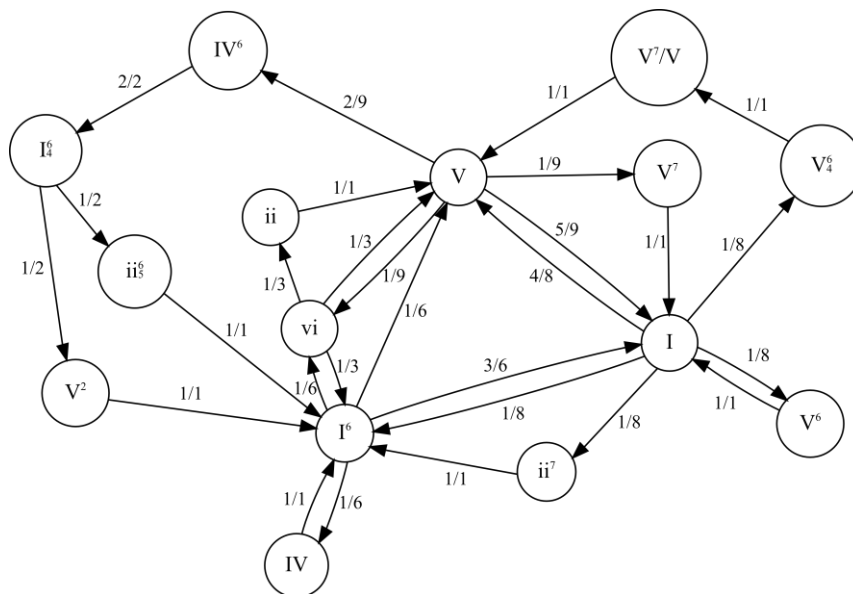
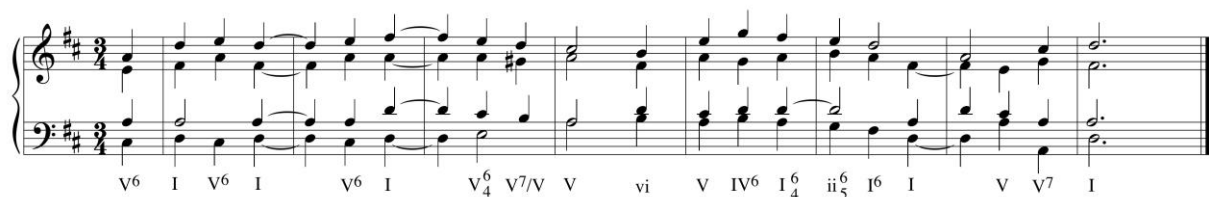


Figura 3: Grafo da progressão harmônica do *Minnelied*, de Brahms

Mantendo em mente a propriedade dos processos markovianos onde cada estado depende apenas do estado que o precede, se tomarmos o V como ponto de partida, vemos que as possíveis transições são para o vi, o IV⁶, o I, o V⁷ e somente um destes, poderá, portanto, ser o acorde seguinte. Para determinarmos qual é este acorde, basta realizarmos um sorteio

considerando as probabilidades de transição partindo do V. Para fazê-lo, podemos, por exemplo, utilizar uma urna contendo bolas marcadas com os nomes dos possíveis acordes. Neste caso, seriam 2 marcadas como IV⁶, 1 como V⁷, 5 como I, e 1 como vi. Este mesmo procedimento é repetido *n* vezes – sempre tomando como ponto de partida o acorde resultante no procedimento anterior. Desta forma, temos uma nova sequência de acordes inteiramente gerada de acordo com a matriz de probabilidades de transição, isto é, não há nenhuma transição que não seja “permitida” pela matriz (que não exista no trecho que utilizamos para montá-la, ou seja, apresente probabilidade 0) e o trecho se aproxima estatisticamente do trecho original, supondo que um trecho suficientemente grande seja gerado. A Figura 4 mostra um exemplo de trecho gerado a partir da matriz de probabilidades de transição referida anteriormente.



V⁶ I V⁶ I V⁶ I V₄⁶ V⁷/V V vi V IV⁶ I₄⁶ ii₅⁶ I⁶ I V V⁷ I

Figura 4: Trecho gerado a partir da matriz de probabilidades do *Minnelied*, de Brahms

Esses dados também podem ser representados através de uma matriz – denominada matriz de probabilidades de transição. Para construí-la basta, assim como na construção do grafo, contabilizar as transições partindo de cada acorde e anotar as suas proporções na matriz. Assim, tal qual o grafo, a matriz contém as informações sobre todas as transições presentes no exemplo e cada linha apresenta as frequências das transições a partir de cada acorde. Essa informação pode fundamentar um estudo harmônico – supondo que um banco de dados mais extenso seja usado. Veja-se, por exemplo, o trabalho de Temperley (2021), no qual ele contabilizou todos os trechos analisados com mais de oito compassos do manual de exercícios que acompanha o livro de harmonia de Kostka e Payne (1995). Na Figura 5, temos uma matriz de probabilidades de transição que indica a proporção de ocorrência de transição de acordes no *corpus* analisado. Assim, por exemplo, 83,3% das transições partindo do \cong VII se dirigem ao \cong III, enquanto 16,7% das transições partindo do \cong VII se dirigem ao V.

Cons	I	bII	II	bIII	III	IV	#IV	V	bVI	VI	bVII	VII
Ant												
I	0.000	0.027	0.121	0.004	0.016	0.176	0.008	0.453	0.043	0.066	0.012	0.074
bII	0.200	0.000	0.533	0.000	0.000	0.000	0.067	0.133	0.000	0.000	0.000	0.067
II	0.222	0.030	0.000	0.010	0.040	0.010	0.071	0.455	0.020	0.081	0.000	0.061
bIII	0.100	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.400	0.400	0.000	0.000	0.000
III	0.053	0.000	0.105	0.000	0.000	0.368	0.000	0.053	0.000	0.368	0.000	0.053
IV	0.471	0.029	0.147	0.000	0.059	0.000	0.044	0.162	0.000	0.015	0.015	0.059
#IV	0.438	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.562	0.000	0.000	0.000	0.000
V	0.848	0.000	0.041	0.005	0.010	0.020	0.000	0.000	0.036	0.030	0.000	0.010
bVI	0.192	0.077	0.308	0.000	0.038	0.115	0.000	0.077	0.000	0.115	0.077	0.000
VI	0.093	0.047	0.651	0.000	0.023	0.093	0.047	0.023	0.000	0.000	0.000	0.023
bVII	0.000	0.000	0.000	0.833	0.000	0.000	0.000	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000
VII	0.818	0.000	0.000	0.000	0.091	0.000	0.030	0.030	0.030	0.000	0.000	0.000

Figura 5: Matriz de probabilidades de transição de exemplos contidos no livro *Harmonia* de Kostka e Payne (1995), elaborada por Temperley (2021).

Não é necessário que a matriz de probabilidades de transição surja da análise de um dado pré-existente e, de fato, pode, por exemplo, ser confeccionada para satisfazer algum planejamento e/ou sistema composicional. É isto que Xenakis faz na composição de suas obras *Analogique A* e *Analogique B²*, em que a ideia de processo markoviano é utilizada para gerar uma sequência de diferentes telas, as quais são unicamente representações de parâmetros, em virtude da praticidade de aplicação em um meio instrumental.

Aqui também utilizaremos cadeias de Markov como forma de gerar uma sequência de telas. No entanto, nos manteremos mais próximos à definição original explicitada na seção 2 deste artigo.

4. *Bondage II*

Bondage II é uma composição eletrônica improvisatória executada em tempo real. O sistema computacional para a preparação e execução dessa composição foi implementado em C++ e *Csound*. Esse sistema interpreta um vídeo como uma sequência de telas de Xenakis. Assim, dado um arquivo de vídeo, o programa é capaz de gerar um ruído contínuo. Esse ruído é manipulado pelo *performer* em tempo real durante a execução da peça. *Bondage II* utiliza o filme *Of Human Bondage*, de John Cromwell, como material inicial fornecido ao sistema. A operação do sistema pode ser dividida em dois momentos – um preparatório, que ocorre antes da performance, e o algoritmo da performance em si. Descreveremos esses dois momentos nas seções subsequentes.

4.1. Preparatório

Essa etapa ocorre antes da performance e é totalmente determinística, ou seja, para um dado conjunto de parâmetros, só é necessário que seja efetuada uma única vez independentemente do número de performances a serem realizadas. O algoritmo começa percorrendo todos os *frames* do arquivo de vídeo contendo o filme *Of Human Bondage* e os interpreta como telas. Para isso, em cada *frame*, toma-se cada pixel acima de um dado limiar de intensidade como um ponto na tela e eliminam-se os demais. Antes disso, no entanto, um processo de diminuição da resolução do arquivo de vídeo deve ser realizado para evitar uma supersaturação do espaço de frequências. Nele, grupos de pixels adjacentes são reduzidos a um único pixel através do simples cálculo da média do grupo conforme exemplificado na Figura 6, que mostra um *frame* na resolução original (esquerda) e com resolução reduzida (direita). O resultado sonoro desse processo é que *frames* mais claros geram telas mais preenchidas de pontos, enquanto *frames* mais escuros geram telas mais esparsas.



Figura 6: Frame do filme *Of Human Bondage* em alta resolução (esquerda) e baixa resolução (direita)

Após esse processo inicial de diminuição da resolução e reinterpretação dos *frames* como telas, passamos a montar uma matriz de probabilidades de transição com o conjunto destas telas. Para isto, cada tela é analisada com relação a cada outra tela e, de acordo com o grau de similaridade entre elas, um valor é inserido na matriz de probabilidades. Assim, a transição entre telas é mais provável entre telas mais similares. A grande quantidade de *frames* e a probabilidade associada à similaridade garante uma grande variedade de sonoridades sem que haja variações bruscas com tanta frequência.

4.2. Performance

A performance consiste, inicialmente, na síntese a partir das telas geradas na etapa preparatória do algoritmo. A Cadeia de Markov realizada a partir da matriz de probabilidades de transição determina a sucessão de telas. Essa etapa é indeterminística e, portanto,

potencialmente diferente a cada execução. A rápida sucessão das telas (a velocidade – quantidade de telas por segundo, desta sucessão pode ser controlada pelo *performer*) fornece um ruído de base sobre o qual o *performer* deve trabalhar em tempo real.

A função do intérprete durante a execução é a de moldar essa sonoridade bruta resultante do processo markoviano sobre as telas. Desta forma, a sonoridade dessa sucessão de telas passa por uma cadeia de efeitos e processos sobre os quais o intérprete tem controle em tempo real. Esses incluem um banco de filtros, *buffers* e granuladores. O banco de filtros consiste em um conjunto de filtros passa-faixa afinados de acordo com uma série harmônica. O *performer* tem como parâmetros a frequência fundamental, a qualidade dos filtros e um coeficiente que expande ou comprime as frequências da série harmônica de forma a gerar inarmonia. O conjunto de *buffers* pode ser usado pelo *performer* para gravar trechos de som e colocá-los em *loop*. O granulador atua sobre os buffers. O *performer* tem controle sobre o tamanho dos grãos, a densidade da nuvem de grãos, a velocidade com a qual o *buffer* é lido e o trecho do *buffer* do qual os grãos são extraídos. Esses três efeitos podem ser interligados e recombinaados de qualquer maneira durante a performance. O diagrama da Figura 7 detalha o fluxograma de operação deste sistema.

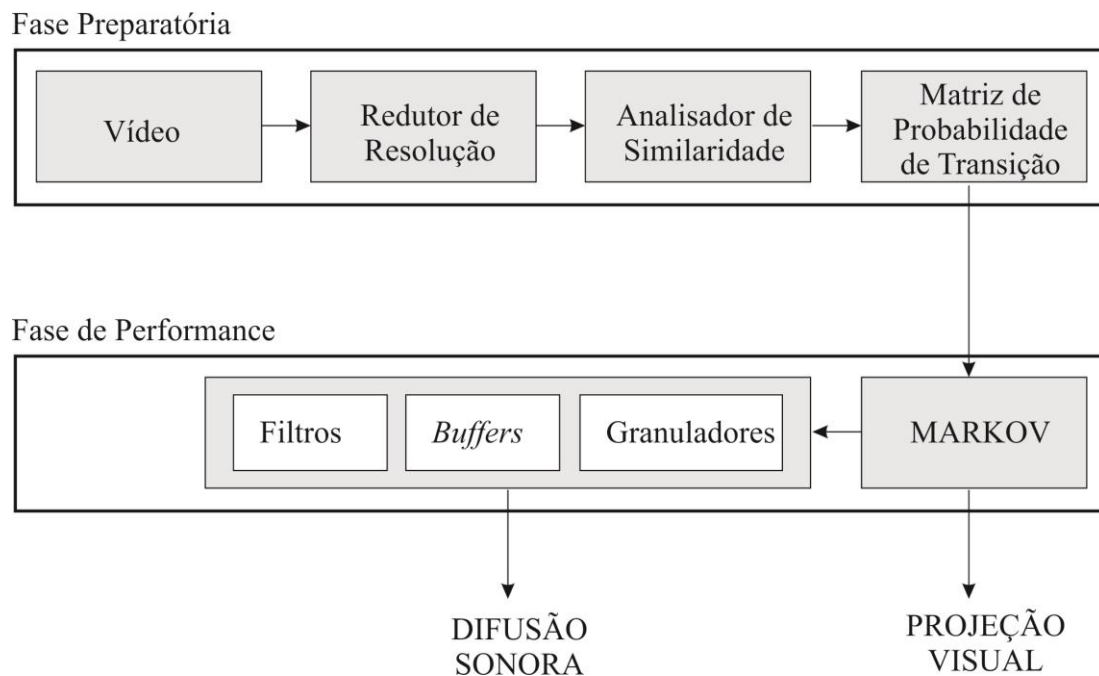


Figura 7: Fluxograma de operação do sistema de *Bondage II*, de Raphael Sousa Santos.

5. Considerações finais

Como vimos, neste trabalho aplicamos o conceito de telas de Xenakis através de um processo markoviano para criar a obra *Bondage II*, uma composição eletrônica executada em tempo real. Esse sistema tem se mostrado viável nas diversas performances realizadas. Expansões posteriores envolvem a inclusão da trilha sonora original do filme como material a ser manipulado em tempo real e o acréscimo de outros efeitos às ferramentas já disponíveis durante a performance. Experimentou-se também com outros filmes com o intuito de gerar outras obras com o mesmo sistema e com diversos métodos de controle dos parâmetros em tempo real.

Referências

- AMES, C. The Markov Process as a Compositional Model: A Survey and Tutorial. *Leonardo*, v. 22, n.2, p.175-187, 1989.
- FERREIRA, Esdras Sarmiento; SANTOS, Raphael Sousa; LIMA, Flávio Fernandes de; CARVALHO, Hugo Tremonte de; PITOMBEIRA, Liduino. Sistema Composicional Intermarkoviano. *Revista Vórtex*, Curitiba, v.8, n.2, p. 1-46, 2020.
- KOSTKA, Stefan; PAYNE, Dorothy. *Tonal Harmony: with an Introduction to Twentieth-Century Music*. New York: McGraw-Hill, 1995. 666 p.
- MEDEIROS, R. J. V.; SANTOS, R. S.; PITOMBEIRA, L. Modelagem Sistêmica baseada em Cadeias de Markov. In: Congresso da ANPPOM, 21, 2011, Uberlândia. *Anais...* Uberlândia: ANPPOM, 2011, p. 1879-1885.
- PAPOULIS, Athanasios, PILLAI, S Unnikrishna. *Probability, Random Variables and Stochastic Process*. 4a. Ed. London: McGraw-Hill, 2002. 852 p.
- TEMPERLEY, David. A Statistical Analysis of Tonal Harmony. Disponível em: <http://davidtemperley.com/kp-stats/> Acesso em: 26 de junho de 2021.
- XENAKIS, Iannis. *Formalized Music*. Hillsdale, New York: Pendragon, 1990. 387 p.

Notas

¹ Ver, por exemplo, os trabalhos de AMES (1989), MEDEIROS *et al* (2011) e FERREIRA *et al* (2020).

² *Analogique A* é uma obra instrumental; *Analogique B* é uma obra eletroacústica.