

A Síntese Estocástica de Xenakis: massas sonoras e processos composicionais dinâmicos em escalas micro e macrotemporais

Xenakis's Stochastic Synthesis: Sound Masses and Dynamic Compositional Processes in Micro and Macrotemporal Scales

Danilo Rossetti

Universidade Federal de Mato Grosso

Resumo: Xenakis definiu a base teórica da técnica da síntese estocástica em seu artigo “*New Proposals on Microsound Structure*”, de 1971, escrito durante seu período como professor associado da Universidade de Indiana. Nesta época, coordenando concomitantemente centros de pesquisa na França e nos Estados Unidos, desenvolveu pesquisa sobre modelos de síntese com auxílio computacional, abrindo novas possibilidades de síntese em escala microtemporal. Neste artigo, apresentamos uma abordagem histórica do desenvolvimento da síntese estocástica e sua relação com a noção de massa sonora, além de discutir suas transformações e implementações tecnológicas, destacando quatro obras que, de alguma maneira, se utilizam deste modelo de síntese em sua realização: *Polytope de Cluny* (1972), *Mikka “S”* (1976), *La Légende D’Eer* (1977) e *Gendy3* (1991), com enfoque na geração de massas sonoras com diferentes morfologias. Concluimos enfatizando a relação entre a micro e a macroestrutura das obras apresentadas, além da transferência de procedimentos composicionais entre obras eletroacústicas e instrumentais do período.

Palavras-chave: Síntese estocástica. massa sonora. composição com suporte computacional. microestrutura. forma musical.

Abstract: Xenakis defined the theoretical basis of stochastic synthesis in his article “*New Proposals on Microsound Structure*”, written in 1971, during his period as an associate professor at Indiana University. At this time, concurrently coordinating research centers in France and the United States, he developed research on computer-aided synthesis models, opening new synthesis possibilities on microtemporal scale. This article contains a historical approach regarding the development of stochastic synthesis, and its relationship with the



notion of sound mass, in addition to discussing its transformations and technological implementations, highlighting four works that utilized this synthesis method in some manner: *Polytope de Cluny* (1972), *Mikka "S"* (1976), *La Légende D'Eer* (1977) e *Gendy3* (1991), focusing on the generation of sound masses with different morphologies. We conclude by emphasizing the relationship between the micro and macrostructure of the works presented, in addition to the transfer of compositional processes between electroacoustic and instrumental works of the period.

Keywords: Stochastic synthesis. sound mass. computer-aided composition. Microstructure. musical form.

* * *

1. Introdução

Iannis Xenakis é considerado o primeiro compositor europeu a utilizar computadores no auxílio à composição musical. Em 1961, teve acesso, por meio da IBM francesa, ao computador 7090 para desenvolver seus projetos composicionais. Neste período, o uso de computadores na composição musical já era uma realidade do outro lado do Oceano Atlântico, nos Estados Unidos, local onde foram realizadas, por exemplo, obras como a *Iliac Suite* (1957), de Lejaren Hiller, obra algorítmica para quarteto de cordas cujas regras composicionais estavam baseadas na música tradicional. Outra possibilidade do uso do computador seria a composição por síntese sonora digital, que estava sendo desenvolvida nos *Bell Laboratories*, principalmente por Max Mathews (Matossian 1986, p. 158–159). Ao fazer uso do computador IBM 7090, Xenakis desenvolveu a série de obras *ST (stochastique)*, para diferentes formações instrumentais. Mais adiante, quando teve acesso a computadores mais potentes, pode desenvolver seu próprio método de síntese sonora, denominado *síntese estocástica*.

A síntese estocástica, de acordo com Roads (1996, p. 340), em uma definição geral, é um tipo de síntese realizado a partir de amostras sonoras por comparação de um número aleatório em relação à uma distribuição probabilística (uma curva gerada em uma tabela gravada na memória do computador), indicando uma probabilidade numérica de uma coleção de possíveis resultados. No caso específico da síntese estocástica, os resultados produzidos são valores de amplitude e tempo das amostras sonoras.

No ano de 1967, Xenakis se muda para os Estados Unidos para trabalhar na Universidade de Indiana, onde fundou o Centro de Matemática e Música Automatizada (*Center for Mathematical and Automated Music – CMAM*). Neste centro, no qual trabalhou até 1972, além de ministrar disciplinas, Xenakis desenvolveu pesquisa sobre novos modelos de síntese sonora com computadores. Durante este período, em 1971, escreveu o artigo “*New Proposals in Microsound Structure*”, no qual apresentou seus resultados composicionais ligados ao modelo de síntese que vinha trabalhando, o qual foi incluído na edição inglesa de *Musiques Formelles* (1963), *Formalized Music*, publicado primeiramente em 1971 e, posteriormente, republicado em uma versão expandida em 1992, editada por Sharon Kanach (Turner 2014). Este artigo discute um modelo de síntese por justaposição finita de elementos, tendo a pressão sonora como parâmetro de controle de variação no tempo.

De acordo com Xenakis, a proposta desse novo modelo abriria um novo caminho para a síntese em escala microtemporal fundamentado nos campos da Acústica e da Psicoacústica, buscando construir sons com variações contínuas através de variações estocásticas de pressão sonora, tais como aquelas produzidas por uma partícula se movimentando ao redor de posições de equilíbrio, de maneira não-determinística. Com isso, obtém-se curvas complexas com irregularidades crescentes, aproximando-se de configurações espectrais ruidosas (Xenakis 1992, p. 246). Estas curvas poderiam ser obtidas por movimentos brownianos ou outros modelos de distribuição estocástica, e poderiam ser utilizadas, além da síntese, em processos de sonificação¹ no âmbito da composição instrumental, tendo, por exemplo, o eixo Y utilizado para a definição das alturas musicais, e o eixo X, para o tempo e as durações (Solomos 1996, p. 47).

Do ponto de vista de Xenakis, em uma crítica à música eletrônica do Estúdio de Colônia, os métodos de síntese aditiva utilizados para a construção do timbre, por meio da superposição de parciais organizados de maneira harmônica ou inarmônica, produziam sons marcados por uma sonoridade muito simples. Ademais, a utilização do serialismo integral para a organização dos parciais não poderia aperfeiçoar os resultados obtidos. Xenakis então enumerou

¹ A sonificação consiste em um processo de relacionamento de dados (numéricos) com eventos sonoros a partir de mapeamentos ou transposições, tal como a transposição de relações de dados em relações perceptíveis de um sinal acústico (Iazzetta; Piccinini 2018).

três problemas principais relacionados a esse tipo de síntese: 1) O estudo dos sons orquestrais realizados pelo físico e foneticista Werner Meyer-Eppler (1913–1960), ligado ao Estúdio de Colônia e à Música Eletrônica (*Elektronische Musik*), mostrou a presença de modulações de amplitude e frequência na parte estacionária destes sons, o que proporcionaria um movimento interno e uma “vida” a estes sons; 2) A importância dos transientes de ataque para o reconhecimento do timbre; e 3) A inexistência (até meados dos anos 1970) de uma teoria de reconhecimento de padrões e formas, dependentes ou não de análises harmônicas (FFT²), que propiciariam uma tradução das curvas sintetizadas por meio de funções trigonométricas na percepção destas formas e padrões (Xenakis 1992, p. 243–244).

Como apresentaremos ao longo deste artigo, o modelo da síntese estocástica por variações microtemporais de pressão sonora começou a ser pesquisado por Xenakis no final dos anos 1960 e estas pesquisas se mantiveram ativas até meados de 1990. A problemática que desejamos abordar ao longo do texto trata deste percurso e sobre como foram implementados diferentes modelos estocásticos para o cálculo e formalização de distintas variáveis composicionais, em diferentes sistemas computacionais que foram evoluindo ao longo do tempo. Para tanto, apresentaremos quatro obras de Xenakis ligadas à síntese estocástica, de diferentes períodos, apontando as semelhanças e diferenças composicionais entre elas, além de discussões sobre as morfologias sonoras geradas por meio dos procedimentos composicionais, baseadas nas representações gráficas de seu conteúdo espectral.

As obras discutidas, em ordem cronológica, serão *Polytope de Cluny* (1972), *Mikka “S”*, para violino solo (1976), *La Légende D’Eer* (1997) e *Gendy3* (1991). Dentre estas obras, *Mikka “S”* é a única obra instrumental, na qual foram aplicados processos de sonificação para a escrita do violino a partir das curvas de variação de pressão sonora geradas. Em *Polytope de Cluny* e *La Légende D’Eer*,

² FFT (*Fast Fourier Transform* ou Transformada Rápida de Fourier) é uma operação que consiste na divisão de uma função matemática específica em inúmeros componentes senoidais. Seu inverso, ou a adição de componentes senoidais formando uma função complexa é chamada de Transformada Inversa de Fourier. No caso de um sinal completamente periódico, a análise de um período já é suficiente para determinar as características de um sinal, pois seus componentes senoidais têm frequências que são múltiplos da frequência fundamental e se repetem a cada período. A descrição de uma função periódica pela transformada de Fourier consiste em uma lista de amplitudes e ângulos de fase iniciais dos parciais (Tempelaars 1996, p. 139).

sons produzidos por síntese estocástica foram misturados com outros sons gravados e processados. *Gendy3*, por sua vez, é uma obra eletroacústica inteiramente realizada por meio da síntese estocástica através de cálculos e síntese realizados pelo computador.

Algo bastante característico no processo no processo composicional de Xenakis seria uma relação intrínseca entre os processos criativos empregados em suas composições instrumentais e eletroacústicas. Essa relação esteve presente no processo composicional de muitos compositores e compositoras da geração de 1950 (Catanzaro 2018), porém, no caso de Xenakis, ela acontece de um modo particular. Makis Solomos afirmou que ela está baseada na experiência de Xenakis com os “passos aleatórios” (*random walks*) a partir de diferentes funções probabilísticas, no contexto da síntese sonora desenvolvida por ele no final dos anos 1960 e suas peças instrumentais dos anos 1970 (Solomos 2001, p. 244–245).

Este processo de transferência entre a música eletroacústica e a instrumental feito por Xenakis neste período era realizado a partir de gráficos de curvas sonoras gerados por funções estocásticas, nos quais suas coordenadas X e Y originais (tempo e intensidade) eram substituídos pelo tempo métrico da música instrumental (no eixo X) e alturas (no eixo Y). Assim o gráfico era convertido em notação musical tradicional da partitura. Na terminologia de Xenakis esta técnica composicional era denominada “movimento browniano”, caracterizado por uma “dupla transferência”. Primeiramente, Xenakis partia de uma imagem de movimentos brownianos (no sentido físico) para a concepção do seu novo método de síntese e, a seguir, transferia o gráfico de uma curva sonora para a música instrumental. A primeira composição a utilizar este método foi *Mikka* (1971), para violino solo, seguido por outras obras como *N'Shimma* (1975), para duas mezzo-sopranos, duas trompas, dois trombones e violoncelo, *Mikka “S”* (1976), para violino solo, e *Theraps* (1976), para contrabaixo solo (Solomos 2001, p. 247).

2. Massas sonoras

A noção de *massa sonora* não está diretamente ligada aos procedimentos da síntese estocástica. Ela nasce cerca de duas décadas antes, a partir do desenvolvimento da música estocástica livre por Xenakis (Capítulo I de *Formalized Music*, 1972). Uma das inspirações da música estocástica seriam os

eventos naturais como a colisão de gotas de chuva em superfícies duras, ou o som das cigarras em grandes campos. Estes eventos são formados por milhares de sons isolados e são percebidos como uma totalidade, como um único evento sonoro com características de massa. Dentro deste método, a massa sonora pode ser articulada e moldada no tempo, a partir de leis estocásticas. Como exemplo, Xenakis cita a maneira como é possível produzir uma grande massa de pontos sonoros, como os *pizzicati* nos instrumentos de corda, utilizando leis matemáticas de probabilidades. Outras leis estatísticas poderiam ser utilizadas, por exemplo, para controlar transformações contínuas ou descontínuas de texturas sonoras, ou ainda de eventos que se transformam da desordem total para uma ordem completa (Xenakis 1992, p. 9).

A ideia central da composição com massas sonoras é a ênfase em aspectos perceptivos do som e a exploração do continuum dos domínios de frequência e tempo para a produção de texturas com um alto nível de fusão perceptiva e movimento interno do som (Antunes *et al.* 2023). O pensamento composicional por massas sonoras não é exclusivo de Xenakis, mas também aparece em outros compositores atuantes nos anos 1950, como György Ligeti e Krzysztof Penderecki, cada qual com suas particularidades. Esta noção também é decorrente dos estudos de acústica e psicoacústica desenvolvidos por pesquisadores ligados a estúdios de música eletroacústica neste período, como o Estúdio de Colônia (cuja referência era Meyer-Eppler) e o Estúdio de Paris (GRM), cuja referência era Abraham Moles, local em que Xenakis também atuou como compositor e realizou importantes composições como *Diamorphoses* (1957) e *Concret Ph* (1958).

As primeiras obras em que temos presente a noção de massas sonoras são *Metastaseis* (1953–54) e *Pithoprakta* (1955–56). Segundo Matossian (1986, p. 56–58), em *Metastaseis* a distribuição característica de um vasto número de eventos sonoros escritos individualmente para cada integrante da orquestra produz um grande movimento no espaço que constantemente se altera em seu interior, gerando um som único, uma massa que se transforma constantemente. Em *Pithoprakta*, cálculos de probabilidades foram utilizados para controlar transformações contínuas de grandes conjuntos de sons granulares ou contínuos (Xenakis 1992, p. 16).

No artigo *La crise de la musique sérielle*, de 1955, há nova referência às massas sonoras em uma crítica ao serialismo integral, cujo princípio organizador

seria a polifonia. Segundo Xenakis, a polifonia, em si, e a música serial, conseqüentemente, apresentariam uma contradição intrínseca já que, a partir de um número considerável de vozes independentes, o resultado sonoro obtido se configura como um amálgama de alturas localizadas em registros diferentes. Este amálgama polifônico resulta em uma percepção de massas sonoras pois um ouvinte não consegue identificar as vozes separadamente (Xenakis 1994, p. 39–41).

Por outro lado, Xenakis pontua que na música estocástica não há polifonia pois os sons são independentes entre si, organizados por uma média estatística de estados isolados que se transformam no tempo. Assim, a percepção global da obra (em relação aos objetos sonoros e à sua forma) seria controlada pela média do movimento interno dos sons (*ibid.*, p. 42). Em uma carta a Hermann Scherchen, Xenakis descreve o abandono das noções tradicionais de harmonia e contraponto nas composições, e a adoção de uma noção de densidades de frequências variáveis no tempo que se configuram tanto verticalmente (em bandas de frequência) como horizontalmente como sucessão de eventos no tempo (*ibid.*, p. 45).

Para Xenakis, as obras estocásticas se aliam ao pensamento científico em seu princípio de criação em relação a justaposições, transformações, oposições e coexistências. Nestas obras há uma preocupação com dois lados que perfazem uma mesma moeda, sendo eles: 1) os meios de controle e mensuração das estruturas e sua evolução que ocorrem por meio de fórmulas de probabilidades e da estatística, e 2) o auxílio das últimas pesquisas no campo da fisiologia da audição e da psicoacústica (*ibid.* 1976, p. 19). Vemos, portanto, que os cálculos não são transformados diretamente em som ou partitura na música de Xenakis, mas existe um critério de escuta e importância da audição na definição do resultado final das composições, já que este mesmo afirma que “... em definitivo, o instinto e a escolha subjetiva são os únicos garantidores do valor de uma obra”³ (*ibid.*, tradução nossa).

No item a seguir, a respeito das peças de Xenakis que serão discutidas e analisadas globalmente, focaremos na discussão sobre características morfológicas das massas sonoras produzidas em condições eletroacústicas ou

³ « ... en définitive, l’instinct et le choix subjectif sont les seuls garants de la valeur d’une œuvre » (Xenakis 1976, p. 19).

instrumentais. Ainda que o conceito de massa sonora não seja diretamente ligado à síntese estocástica, é perceptível que estas peças têm fortes características sonoras de massa, em oposição a noções de polifonia e harmonia tradicionais.

3. Síntese estocástica

Entre 1967 e 1972, Xenakis ocupou uma vaga de professor associado na Universidade de Indiana onde estabeleceu o *Center for Mathematical and Automated Music (CMAM)*, no qual um dos principais objetivos era o desenvolvimento de um sistema computacional de síntese sonora. Para a concretização deste projeto, havia a necessidade de implementação de um conversor digital-analógico⁴, a fim de que os sons resultantes dos cálculos computacionais pudessem ser gravados em fita magnética. O principal problema era o custo deste aparelho, na época comparável ao investimento de instalação de um estúdio completo de música eletrônica. Sabendo destas dificuldades, Xenakis manteve concomitantemente ativo o grupo *EMAMu (Équipe de Mathématique et Automatique Musicales)* em Paris, fundado em 1966, associado ao *Centre de Mathématique Sociale da École Pratique des Hautes Études*, onde também havia um esforço no sentido de buscar financiamento para a construção do mesmo conversor (Turner 2014, p. 102–103).

Turner (2014) afirma que o texto “*New Proposals on Microsound Structure*”, realizado a partir da pesquisa feita no *CMAM*, em Indiana, foi escrito sem que houvesse a possibilidade de uma escuta dos resultados sonoros produzidos pelos métodos da síntese estocástica descritos, baseados em distribuições estocásticas de Poisson, Gauss, Cauchy, Weiner-Levy, entre outras⁵. Os gráficos apresentados neste artigo foram feitos a partir de dados do programa *STOCHOS*⁶ desenhados por plotadores mecânicos. Segundo ele, estes provavelmente são os

⁴ Conversores digital-analógicos realizam a conversão de sinais digitais (em formato binário) para sinais analógicos (normalmente uma tensão ou uma corrente). Os sinais digitais sonoros são descritos a partir de uma frequência de amostragem (resolução frequencial) e uma profundidade de bits (níveis de intensidade). Dentro dos computadores os sinais são sempre processados digitalmente, no entanto, para que possamos escutá-los, é necessário que eles sejam convertidos para o formato analógico e possam ser enviados a alto-falantes para a sua difusão.

⁵ Para visualização destes gráficos, Cf. Xenakis 1992, p. 250–254.

⁶ Programa de música estocástica desenvolvido por Xenakis na linguagem Fortran II (Turner 2014, p. 84).

resultados mais significativos da pesquisa sobre a síntese estocástica produzidos na Universidade de Indiana, já que os sons que foram sintetizados apresentavam baixa qualidade e não puderam ser utilizados em composições. A síntese sonora propriamente dita das distribuições estocásticas produzidas só puderam ser realizadas e gravadas no *CeMAMu*, e foram utilizadas na obra eletroacústica do *Polytope de Cluny* (*ibid.*, p. 114–119).

Na Universidade de Indiana, após uma série de tentativas frustradas de construção do conversor por diversos motivos, em 1971, o sistema adquirido e instalado no *CMAM* funcionava apenas com um amostramento a 8-bit e uma amostragem de 25KHz por segundo, insuficiente para uma boa qualidade de armazenamento do som gerado (*ibid.*, p. 112). Por outro lado, em Paris, após um financiamento acordado com a Fundação Gulbenkian, um outro projeto de conversor passou a ser construído, sediado no *Centre National d'Études des Télécommunications* (*CNET*). Em 1972 este projeto desenvolvido no *CNET* obteve sucesso na implementação do conversor. A partir deste momento, houve mudança de nome de *EMAMu* para *CeMAMu*, com a troca de “*equipe*” por “*centre*”, além de Xenakis começar a trabalhar como professor associado da Universidade de Paris 1. No mesmo período, no *CeMAMu*, o projeto do *Polytope de Cluny* passou a ser desenvolvido, cujo ponto de partida foi o conhecimento teórico produzido na Universidade de Indiana (*ibid.*, p. 113–114).

Tal como Cornelia Colyer⁷ descreve em seu relatório, desde a sua fundação, ainda como *EMAMu*, o *CeMAMu* tinha os seguintes objetivos: 1) pesquisa em composição musical e visual com suporte matemático, científico e tecnológico, 2) desenvolvimento de sistemas computacionais, programas e metodologias baseadas nesta pesquisa, 3) composição de novas obras, 4) disseminação da música e pesquisas realizadas e disponibilização das ferramentas criadas para o maior número possível de usuários sem discriminação estética ou profissional, e 4) desenvolvimento de uma nova pedagogia musical e ciências associadas para o público adulto e infantil, em cooperação com universidades, conservatórios e outras organizações culturais (Colyer 1986).

⁷ Cornelia Colyer foi assistente de Xenakis no *CMAM*, em Indiana e, posteriormente, trabalhou no *CeMAMu* a partir de 1972 como diretora do estúdio.

O ponto de partida da pesquisa no *CeMAMu* foi o sistema desenhado e realizado pelo *CNET*, um conversor digital-analógico com memória acoplada a um gravador de nove pistas com taxas de conversão de até 52.000 KHz e amostragem de 16 bits. Este sistema entrou em funcionamento em junho de 1972, e apresentava uma grande similaridade com o projeto que vinha sendo desenvolvido no *CMAM*, na Universidade de Indiana. Este primeiro sistema foi incorporado a pesquisas posteriores realizadas no *CeMAMu*, buscando respostas à seguinte pergunta: como criar uma maneira para um(a) compositor(a) trabalhar e se comunicar direta e elegantemente com um sistema, de forma que este novo domínio esteja disponível a qualquer indivíduo, com ou sem experiência ou conhecimento técnico ou científico, de forma a disponibilizar a composição e o pensamento musical ao maior número possível de pessoas.

Em 1976, este novo projeto ganhou forma a partir da ideia de Xenakis de “desenhar” a música a partir de uma notação generalizada, através de uma interface gráfica conectada ao computador: uma grande mesa digitalizadora de 1,15m X 0,94m. Esta mesa era controlada por uma caneta eletromagnética, permitindo ao compositor trabalhar o som diretamente de maneira individualizada. Este novo sistema foi batizado de *UPIC* (*Unité Polyagogique Informatique du CEMAM*) e, a partir de 1977, uma série de compositores foram convidados a escrever obras neste sistema (Colyer 1986). O próprio Xenakis compôs as obras *Mycènes Alpha* (1978), *Tauriphanie* (1987) e *Voyage absolu des Unari vers Andromède* (1989) no sistema *UPIC*.

Apesar da sua importância, o sistema *UPIC* e as peças compostas neste sistema não são o foco deste artigo. Focaremos nas quatro peças mencionadas (3 eletroacústicas em suporte fixo e uma para instrumento solista com processo de sonificação das curvas de pressão sonora com distribuição estocástica) que tiveram o emprego da síntese estocástica em seu processo criativo.

4. Obras

Abordaremos quatro obras de Xenakis que de alguma forma contemplam processos de síntese estocástica em sua realização, e se conectam diretamente a este histórico apresentado de intercâmbio de conhecimento e de tecnologia entre o *CMAM* e o *CeMAMu*. As obras que discutiremos serão *Polytope de Cluny* (1972), obra eletroacústica em 7 canais, *Mikka “S”* (1976), obra instrumental para violino

solo, *La Légende d'Eer* (1977), obra eletroacústica em 7 canais, e *Gendy3* (1991), obra eletroacústica *stereo*. Esta abordagem será principalmente histórico-descritiva, diferenciando as técnicas de síntese estocástica empregadas, sem adentrar em detalhes analíticos das peças. Uma análise de *Mikka "S"* foi publicada em um artigo recente (Rossetti *et al.* 2022), e outras análises poderão ser realizadas oportunamente.

4.1. Polytope de Cluny (1972)

Xenakis utilizou pela primeira vez seus resultados obtidos com a síntese estocástica na obra eletroacústica de mesmo nome, composta para o *Polytope de Cluny* (1972), espetáculo multimídia que envolvia música, flashes e bolhas de luz e espelhos refletores. No pôster de divulgação do espetáculo⁸, na época, Xenakis nomeou como *Bohor II* esta composição eletroacústica (em referência à sua obra eletroacústica *Bohor*, de 1962), e como *ST/cosGauss* os elementos oriundos da síntese estocástica presentes na obra. Segundo Turner, *ST/cosGauss* é uma estrutura que faz parte de *Bohor II*, nome dado à composição eletroacústica completa. *ST* faz referência à série de composições que Xenakis desenvolveu entre 1956 e 1962 com o auxílio de computadores, e *cosGauss*, às distribuições probabilísticas *cos seno* e *gaussiana*, utilizadas como material composicional (Turner 2014, p. 122). Mais adiante esta composição ficou conhecida somente como *Polytope de Cluny*.

Para a realização desta obra eletroacústica em 7 canais, de cerca de 24 minutos, a síntese estocástica foi combinada com outros sons gravados e manipulados, tais como sons de sinos de vento, kalimbas, e instrumentos de arco graves tocados com grande pressão do arco (Luque 2009, p. 78), já o trecho da síntese estocástica *ST/cosGauss* emerge na peça a partir de 20'34" (Turner 2014, p. 122). O espetáculo do *Polytope de Cluny* foi encomendado pelo Ministério da Cultura francês para a inauguração do Festival de Outono de Paris, de 1972. Para o espetáculo foram utilizados feixes de luz de cores amarelo, vermelho e azul, refletidos em mais de cem espelhos posicionados em ângulos refratários, produzindo efeitos visuais inesperados. Computadores foram utilizados para a

⁸ Cf. Turner 2014, p. 121.

automação dos efeitos visuais, comandando os flashes eletrônicos de lâmpadas xênon brancas e dos efeitos de laser (Kanach 2008, p. 225–229).

Para a realização deste *Polytope*, foram utilizados computadores IBM e Ampex, nos quais foram realizados cerca de 43.200.000 comandos de programação para o controle das luzes, durações dos feixes de laser e posicionamento dos espelhos. Os comandos foram programados e registrados no oitavo canal da fita magnética, com isso os movimentos luminosos puderam ser coordenados e sincronizados com o fluxo musical (Harley 1998, p. 60). Nesse sentido Maria Anna Harley (1998) afirma que, neste espetáculo, Xenakis atingiu o seu objetivo de criar um sistema interativo com diferentes máquinas em comunicação direta, buscando a realização de uma “nova arte”.

O sonograma de frequências de pico (*peak-frequency spectrogram*) da redução *stereo* do *Polytope de Cluny*, realizado no programa *Sonic Visualiser* e apresentado na Fig. 1, permite visualizar a distribuição no âmbito frequencial das texturas e massas sonoras compostas no *Polytope de Cluny*, além da intensidade das mesmas (em amarelo ou vermelho quando há mais energia, e tendendo ao azul quando a energia é menor). É possível, inclusive, fazer um esboço de uma possível segmentação formal da obra, baseada na organização das massas sonoras.

Nesta segmentação, temos a seção A entre 0' e cerca de 10', parte formada por uma textura densa e com grande intensidade localizada na região grave (com coloração amarela e vermelha), entre cerca de 30 e 500 Hz. Há também a presença de uma textura aguda e médio-aguda, com intensidade mais sutil e rarefeita que aparece gradualmente, com tonalidade majoritariamente em azul na figura. A seção B, entre cerca de 10' e 20', caracteriza-se por uma distribuição das massas sonoras por todo o espectro audível, entre 20 e 20.000 Hz. Dentro desta grande massa, observa-se a presença de diferentes texturas em bandas de frequência localizadas em diferentes áreas do espectro. Essas texturas, com diferentes morfologias sonoras combinadas, geram a massa sonora global do trecho, que evolui no tempo continuamente com modificações perceptivas. Na seção C, entre cerca de 20' e o final da obra, observamos novamente a presença de duas texturas proeminentes, uma localizada na região grave, entre 20 e 100 Hz, com bastante energia (cor amarela e vermelha) com características diferentes da textura grave da seção A, e uma outra textura que se estende entre 100 e 10.000 Hz, menos

intensa, com coloração entre o azul e o vermelho. A parte C desta segmentação formal proposta representa o trecho no qual a síntese estocástica está presente.

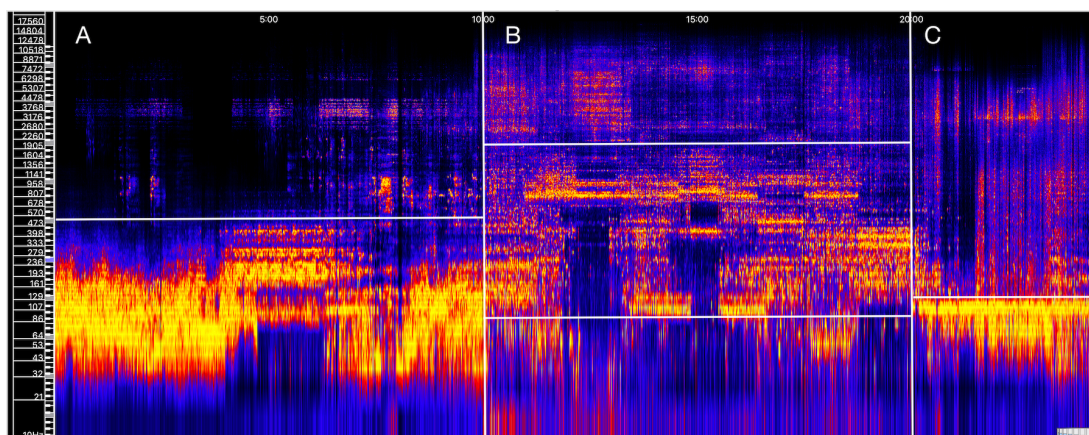


Figura 1: Sonograma de frequências de pico da redução *stereo* da obra *Polytope de Cluny* e uma proposta de segmentação formal (linhas verticais) e textural das massas sonoras (linhas horizontais)

De forma geral, em *Polytope de Cluny*, temos agrupamentos texturais em diferentes regiões de frequências, que formam a massa sonora resultante sem proeminência de alturas. Optou-se por uma segmentação formal em três partes, sendo a primeira (A) com concentração de energia na região grave, a segunda (B) com uma maior concentração de texturas de maior densidade, e a terceira (C) novamente com uma concentração de energia na região grave, mas com um espalhamento de uma segunda textura mais sutil nas regiões aguda e média.

4.2. *Mikka "S"* (1976)

Em *Mikka "S"* (1976), para violino solo, há a transferência das informações dos gráficos das curvas de pressão sonora para informações da música instrumental numa espécie de sonificação, como mencionado anteriormente. Nesta obra há uma grande quantidade de *glissandi* contínuos e descontínuos, com diferentes âmbitos intervalares e velocidades, gerados randomicamente (Solomos 1996, p. 49). De acordo com Luque (2009, p. 79), gráficos de curvas geradas pela síntese estocástica foram utilizados para a definição das alturas e duração dos *glissandi*, com o eixo X atribuído às durações, e o eixo Y às alturas, divididas em quartos de tom. Os *glissandi*, por sua vez, são de dois tipos: os primeiros de caráter longo e com transformações lentas, e com

uma textura a duas vozes, e os segundos de caráter rápido e com gestos abruptos, com ataques ascendentes na região do talão do arco. Essas duas características opostas dos *glissandi* promovem uma segmentação logo em uma primeira escuta, sendo a primeira parte referente aos *glissandi* de tipo 1 (a duas vozes e lentos), entre os compassos 1 a 60, e a segunda parte aos *glissandi* de tipo 2 (rápidos e com ataques abruptos), entre os compassos 61 e 76 (Rossetti *et al.* 2022).

Na Fig. 2, apresentamos um gráfico do desenvolvimento dos *glissandi* em *Mikka "S"*, tendo a duração em compassos no eixo X e as alturas em números MIDI (Dó central igual a 60). A partir deste gráfico, além das duas segmentações indicadas no parágrafo anterior, foi possível dividir a parte 1 em três seções, sendo a seção A entre os compassos 1 e 26, com padrões de alturas oscilantes nas duas vozes, a seção B entre os compassos 26 e 47, com uma voz estática e outra que se movimenta principalmente no registro inferior em relação à outra voz, e a seção C entre os compassos 47 e 60, com uma expansão do registro das duas vozes para regiões extremas muito agudas ou próximas à região mais grave do violino. Finalmente, temos a seção D, representada pelos *glissandi* abruptos e descontínuos, entre os compassos 61 a 76 (Squibbs 1996, p. 243; Rossetti *et al.* 2022).

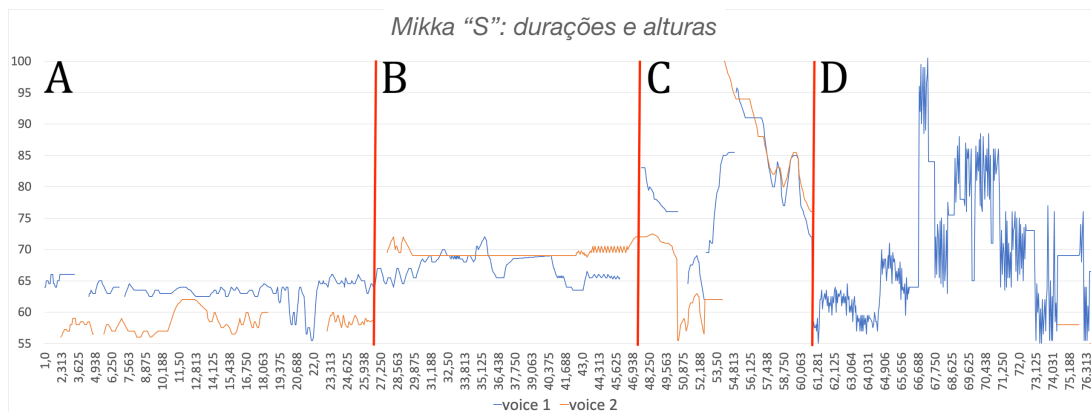


Figura 2: Gráfico de durações e alturas de *Mikka "S"* (1976), com uma indicação de segmentação em 4 partes (A, B, C e D) (Rossetti *et al.* 2022)

O gráfico da Fig. 2 nos mostra de forma bastante nítida a evolução das duas vozes (nas partes A, B e C) e da única voz na parte D. A exploração da continuidade pelos *glissandi* nas duas vozes nas duas primeiras partes de maneiras diferentes é destacada. Na parte C, há a presença de momentos de descontinuidade nas mudanças de registro do violino, do grave para o médio e

depois para os agudos de maneira descendente. A parte D representa, por oposição, o momento de descontinuidade, com quebras e rupturas de gestos com *glissandi* curtos. Nesta mesma parte, pela representação gráfica, é possível notar uma semelhança destas curvas em azul, resultado da transcrição da partitura para um gráfico com o tempo no eixo X as alturas no eixo Y, com as curvas obtidas por movimentos brownianos ou outros modelos de distribuição estocástica publicadas no texto “*New Proposals on Microsound Structure*” (Xenakis 1992), e realizadas no CMAM de Indiana.

4.3. La Légende D’Eer (1977)

La Légende D’Eer é uma obra eletroacústica em 7 canais com uma duração de pouco mais de 45 minutos, realizada parcialmente no Estúdio da Rádio de Colônia (WDR), a partir de diferentes tipos de sons: instrumentais, ruídos naturais e sons gerados por computador (Kanach 2008, p. 248). Dentre os sons gravados e processados, há a presença de sons de instrumentos provenientes do Japão e da África, além de sons gravados de materiais raspados e tijolos quebrados (Kiourtsoglou 2017, p. 13).

Segundo Luque (2009, p. 79–80), os materiais sonoros utilizados em *La Légende D’Eer* são muito similares aos do *Polytope de Cluny*, além de ambas serem obras para 7 canais. Xenakis fez uso de uma nova técnica de síntese estocástica, denominada por ele próprio como *síntese estocástica dinâmica* (*dynamic stochastic synthesis*), na qual a forma de onda é a unidade de base para ser variada de maneira estocástica a cada iteração, através de passos aleatórios. Nesta técnica, cada ponto da onda é definido por um par de valores, sendo eles duração e amplitude. Esta nova abordagem deste modelo de síntese, segundo este mesmo autor, demonstra que Xenakis tinha interesse em ter um controle mais refinado das periodicidades e simetrias das ondas geradas estocasticamente, produzindo modulações e sons cujo resultado variavam entre o ruído branco e ondas quadradas.

La Légende D’Eer fez parte do espetáculo multimídia *Diatope*, encomendado para a inauguração oficial do Centro Pompidou, em Paris. Entre julho de 1978 e janeiro de 1979 foi apresentado três vezes ao dia, seis dias por semana. Sua performance era totalmente automatizada, com um computador controlando a difusão da música e os efeitos visuais. A parte visual do *Diatope*

incluía 1.680 flashes de luzes xênon penduradas no teto e nas paredes da “concha”, como era conhecida a estrutura arquitetônica de vinil montada para o evento, formada por três paraboloides hiperbólicas. Ademais, foram utilizados 4 lasers, sendo 3 verdes e um vermelho, 400 espelhos pivotantes montados em 6 colunas de vidro translúcido posicionados no meio do público, além de dispositivos ópticos para a movimentação rápida dos feixes de luz e de outros efeitos dos lasers (Kanach 2008, p. 248-249).

Solomos (2006) afirma em sua análise de *La Légende D'Eer*, que Xenakis utiliza três tipos de sons para a composição da obra: 1) sons instrumentais, como gravações das estrelas cadentes sonoras do início e do fim da obra, das harpas de boca africanas e do tuzumi japonês (pequeno tambor); 2) sons concretos, como ruídos gravados de choques de tijolos e fricções entre papelões; e 3) sons eletrônicos baseados na síntese estocástica dinâmica. As 7 pistas da obra foram distribuídas em 11 alto-falantes distribuídos no espaço do *Diatope* programadas em um computador, sendo que as pistas I, IV, V e VII foram duplicadas.

Harley (1998) afirma que com o auxílio de uma tecnologia avançada para a época, Xenakis criou um espetáculo multimídia que representava as galáxias, as estrelas e suas transformações, a partir de conceitos e procedimentos decorrentes do processo criativo empregado. A principal função matemática aplicada para a criação da forma musical, transformações rítmicas, timbres e fluxos variáveis de alturas e intensidades (chamados de *tresses rythmiques*) foi a função logística, também apresentada no artigo *New Proposals on Microsound Structure* (Xenakis 1992, p. 246). Esta mesma distribuição estocástica foi utilizada na criação dos padrões luminosos, trajetórias das galáxias, tempestades, erupções, auroras boreais, espirais e outras configurações móveis (Harley 1998, p. 61).

Na Fig. 3, apresentamos o sonograma por picos de frequência de *La Légende D'Eer*, em que podemos visualizar a evolução das massas sonoras presentes na obra no tempo, além de suas regiões frequenciais e intensidades de seus componentes. A partir dessas informações é possível obter uma possível segmentação formal da obra em quatro partes (A, B, C e D).

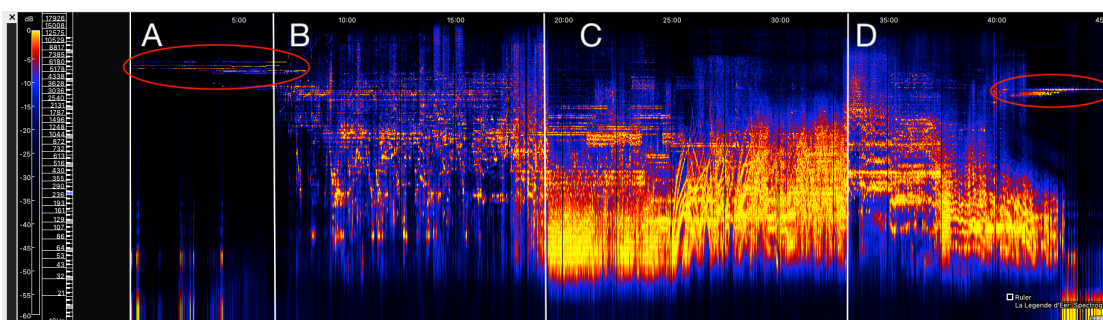


Figura 3: Sonograma de frequências de pico da redução *stereo* da obra *La Légende D'Eer* e uma proposta de segmentação formal

De maneira geral, a parte A apresenta perceptivamente uma textura majoritariamente aguda e contínua, com alturas definidas, entre cerca de 5.000 e 8.000 Hz. A parte B, entre cerca de 6'30'' e 19'15'', apresenta um considerável adensamento de massas sonoras, que se estendem por praticamente todo espectro de frequências audível. A parte C, entre 19'15'' e cerca de 33'', tem um adensamento ainda maior das massas sonoras presentes apresentando grande variedade espectral e granular, que concentram sua grande energia nas regiões grave e média, entre 30 e 2.000 Hz. A parte D, entre 33' e o final da obra, traz um espalhamento maior das massas sonoras dentro de uma maior área do espectro audível, concentrando a percepção em uma região mais aguda, que gradualmente se desloca para uma região frequencial média. Por volta de 40', ressurgem a textura aguda característica da parte A, com alturas definidas que, aos poucos, ganha espaço em termos auditivos, provocando o surgimento da memória da sonoridade do início da obra, já bastante distante neste momento. Apesar de apresentar características perceptivas bastante similares, esta nova textura aguda se concentra na região frequencial próxima a 3.000 Hz e se apresenta fechando o ciclo da obra que, como dito, termina evocando sua sonoridade inicial. A presença dessa textura aguda nas partes A e D estão circundadas em vermelho na Fig. 3, destacando sua região frequencial.

Portanto, em *La Légende d'Eer*, temos a recapitulação dos gestos eletrônicos do início da peça em seu final. Este procedimento, ainda que em regiões frequenciais distintas, não ocorre nas outras peças discutidas e analisadas neste artigo. A síntese estocástica dinâmica utilizada na peça permite uma variedade bastante grande de texturas e massas sonoras, que variam em espectro contínuo produzindo desde sons que se aproximam do ruído branco até ondas quadradas, de acordo com as propriedades intrínsecas da aplicação deste modelo de síntese.

Certamente, a sonoridade obtida, para a época, é consideravelmente original e se diferenciava das demais criações eletroacústicas de outros compositores do período.

4.4. *Gendy3* (1991)

Gendy3 é uma obra eletroacústica *stereo* de 1991, com duração de 19', realizada inteiramente por computador por meio de regras estocásticas. De acordo com Serra (1991, p. 239), Xenakis escreveu o programa que chamou de *Gendy* (“*gen*” de *Generation* e “*dy*” de *dynamique*) na linguagem *Basic* em um PC no CEMAMu. Este programa tinha a propriedade de gerar tanto a estrutura musical como a síntese sonora propriamente dita, por meio de uma síntese estocástica dinâmica reformulada, passados cerca de 14 anos da utilização deste modelo em *La Légende d’Eer*.

Serra (p. 254–255) ainda afirma que a forma desta obra é bastante similar a obras de Xenakis anteriores que também haviam sido compostas por meio de regras estocásticas, tais como *Achorripsis* (1956–57) e as obras da série *ST*, o que pode ser observado pela justaposição de diferentes seções, produzindo a estrutura completa da obra. Os parâmetros de orquestração atribuídos a grupos de instrumentos nas peças instrumentais foram substituídos por sons (vozes) produzidos por meio de diferentes parâmetros de síntese. Enquanto as células da matriz de *Achorripsis*⁹, obra instrumental de Xenakis dos anos 1950, eram diferenciadas somente por um parâmetro global da densidade sonora (número de eventos sonoros por determinado espaço de tempo), em *Gendy3* este parâmetro é derivado da probabilidade de silêncio ou som para cada voz, a sua duração média e o número de vozes para cada seção.

Segundo Hoffmann (2004, p. 137), *Gendy3* integra a estrutura estocástica macroscópica temporal, implementada no programa *ST* das décadas de 1950 e 60, com a ideia de síntese microscópica, realizando uma série de proposições também apresentadas no artigo “*New Proposals in Microsound Structure*” (1972, In: Xenakis 1992, p. 242–254). Em *Gendy3*, o sinal sonoro é pensado como uma sucessão de ondas sonoras construídas a partir de um conjunto de pontos

⁹ Para maiores informações sobre *Achorripsis* e o modelo utilizado da música estocástica livre, ver Xenakis 1963, p. 36–52; e Rossetti 2010.

interpolados linearmente, apresentando uma forma poligonal que é constantemente transformada de maneira gradual de um período a outro, alterando estocasticamente os valores de amplitude e tempo. O efeito perceptivo desta implementação da técnica da síntese estocástica dinâmica seria uma combinação de modulações estocásticas de amplitude e frequência.

Para cada seção da peça, no total de 11, Xenakis poderia sintetizar até 16 vozes separadamente e combiná-las em um único timbre. Hoffmann (2004, p. 140) afirma que em *Gendy3* há a presença de três estruturas sonoras proeminentes: *clusters*, escalas e ruído. Os *clusters* são a combinação de várias camadas de síntese, cada qual com uma altura definida. As escalas aparecem dentro da mesma camada sonora por meio de mudanças de altura aleatórias. O ruído, por sua vez, aparece como um *glissando* de uma voz, acelerado além do limite da percepção da altura. Esta seria a modulação de frequência (FM) estocástica implementada em *Gendy3*, que difere em vários pontos da síntese FM tradicional presente em diversas obras e sintetizadores comercializados. Como primeira diferença, em *Gendy3*, as ondas portadoras não são senoidais, mas poligonais geradas randomicamente. Em segundo lugar, as ondas modulantes também não são senoidais nem podem ser representadas por nenhuma função matemática, pois suas variações internas são randômicas e independentes (não correlacionadas). Portanto, suas características de timbre e suas variações no tempo são emergentes e decorrentes da acumulação de flutuações randômicas da forma de onda. Na Fig. 4, apresentamos o sonograma de frequências de pico de *Gendy3* juntamente com a curva do centroide espectral e a segmentação da obra em 11 seções.

Como é possível observar no gráfico da Fig. 4, existe uma diferença textural entre as onze partes da obra, diferença esta que também se faz presente auditivamente. Como não é objetivo deste artigo realizar uma análise detalhada das obras discutidas, não entraremos aqui em detalhes sobre o conteúdo espectral de cada uma das partes. Por outro lado, essas diferenças se fazem visíveis graficamente pelas características texturais de cada parte, em quais regiões frequenciais se situam o conteúdo espectral além de suas intensidades, e se as regiões têm mais características de massa (mais ou menos densas) ou de sobreposição de parciais. Essas características texturais se relacionam com as três estruturas sonoras proeminentes descritas por Hoffmann (2004): *clusters*, escalas e ruído.

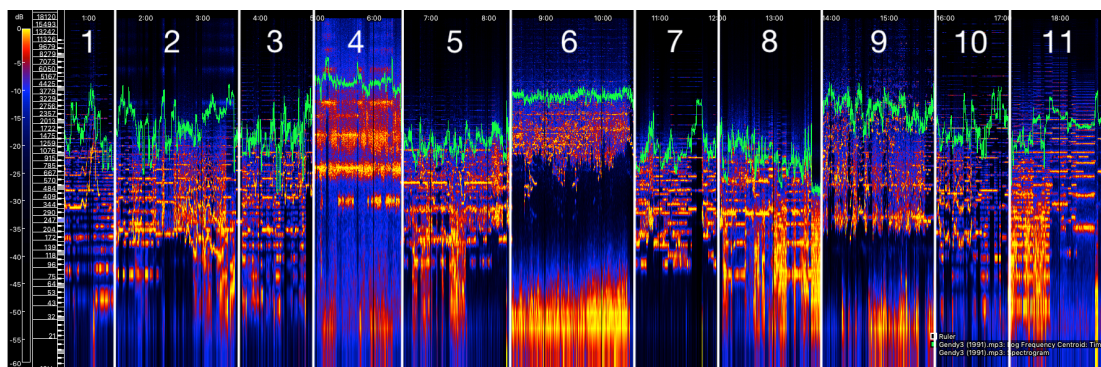


Figura 4: Sonograma de frequências de pico de *Gendyn3*, curva do centroide espectral (em verde) e sua segmentação formal em 11 partes

A curva do centroide espectral¹⁰ (em verde) apresenta variações significativas de uma seção para outra, tal como observa-se na Fig. 4, com isso realçando a diferença de conteúdo espectral entre as partes. Com isso, temos uma confirmação de diferenças de processos de síntese por parte de Xenakis das 16 vozes produzidas para cada parte da obra, tal como um tipo de orquestração por meio de síntese digital, tal como realizado no contexto da música instrumental em suas obras anteriores. O conteúdo espectral de cada parte é bastante distinto, apresentando muitas variações, o que reflete o potencial de geração de variedades de timbres, texturas e massas sonoras deste modelo de síntese.

5. Resultados

Ao longo de seu percurso composicional, Xenakis desenvolveu diferentes abordagens estocásticas em suas composições em relação a uma série de parâmetros composicionais trabalhados em suas obras. Na Tab. 1 a seguir procuramos sintetizar informações importantes a respeito das obras discutidas nesse trabalho.

¹⁰ O centroide espectral é o baricentro da distribuição de energia dentro do envelope espectral de um som e está relacionada à percepção de uma região frequencial de brilho. É calculado como uma média ponderada das frequências presentes no sinal a partir das magnitudes extraídas pela Transformada Discreta de Fourier (Agostini; Longari; Polastri 2003, p. 7).

Obra	Formação instrumental	Materiais	Estrutura (seções)	Técnica ‘composicional
<i>Polytope de Cluny</i>	Música eletroacústica (7 canais)	Síntese estocástica e sons gravados e manipulados	3	Manipulação de sons gravados (música concreta) e síntese estocástica
<i>Mikka “S”</i>	Violino solo	<i>Glissandi</i> contínuos ou descontínuos a uma ou duas vozes	4	Sonificação de curvas de variação de pressão sonora
<i>La Légende d’Eer</i>	Música eletroacústica (7 canais)	Síntese estocástica dinâmica e sons gravados e manipulados	4	Manipulação de sons gravados (música concreta) e síntese estocástica
<i>Gendy3</i>	Música eletroacústica (<i>stereo</i>)	Síntese estocástica dinâmica (extensão da versão anterior)	11 (combinação de 16 vozes)	Modulações estocásticas de amplitude e frequência e sobreposição de diferentes vozes

Tabela 1: Síntese das informações das obras discutidas: formação instrumental, materiais utilizados, estrutura formal e técnicas composicionais empregadas

Em *Polytope de Cluny* e *La Légende D’Eer* os sons produzidos pela síntese estocástica aparecem em momentos específicos das obras e são combinados a sons gravados e manipulados. Isto aconteceu pela dificuldade técnica de produzir obras de grandes durações compostas inteiramente por sons gerados pela síntese estocástica. Outra provável razão seria o domínio da técnica de manipulação de sons gravados por parte de Xenakis, que já havia composto uma série obras inteiramente utilizando técnicas da música concreta como, entre outras, edições em fita magnética, filtros, moduladores e reverberações.

Em *Mikka “S”*, por sua vez, obra para violino solista, há um trabalho de sonificação de curvas de pressão sonora produzidas estocasticamente para a escrita do instrumento. As informações de intensidade dessas curvas, no eixo Y, são “traduzidas” para valores de alturas musicais, em quartos de tom, dentro da tessitura do violino. Como observamos, neste processo houve a utilização de dois tipos de *glissandi*: um de tipo contínuo, a duas vozes, e outro de tipo descontínuo, com cortes abruptos, saltos e ataques no talão do arco.

Já em *Gendy3*, uma variedade considerável de timbres diferentes é obtida através da síntese estocástica dinâmica produzindo variações e combinações na

microestrutura dos sons, ademais este processo microtemporal está relacionado com a macroestrutura da obra, definida como arquitetura estocástica (Serra 1992, p. 239). As três estruturas proeminentes encontradas, *clusters*, escalas e ruído são o resultado deste processo composicional microtemporal, voltado para a construção do timbre, no qual modulações de frequência e amplitude aleatórias ocorrem por meio da interação entre as camadas sonoras combinadas.

6. Considerações finais

Pode-se afirmar que nas obras discutidas neste artigo há uma relação presente entre os processos microtemporais estocásticos de construção do timbre, texturas e massas sonoras, que se combinam de maneira justaposta ou sucessiva, e a estrutura macrotemporal dessas obras. Ou seja, apesar de uma aparente estabilidade formal das obras no nível perceptivo, há uma variação e transformação constante, de maneira contínua ou descontínua, dos elementos que constituem as massas, texturas e timbres percebidos. Essa transformação é decorrente do modelo de síntese estocástica utilizado, com variações dinâmicas e muitas vezes randômicas das formas de onda sintetizadas.

Assim, a forma não é delimitada previamente de acordo com regras de combinação, contraste ou repetição idêntica ou variada, mas sim derivada da evolução temporal das massas e timbres. Nesse sentido, é a interação dos materiais utilizados nas composições e os seus desdobramentos que definem a forma. À exceção de *Mikka "S"*, as obras aqui discutidas são de grande extensão temporal, com uma grande variedade de timbres e massas sonoras. A estratégia de uso da síntese estocástica nos parece fundamental para a realização desses projetos composicionais devido ao potencial de variedade sonora morfológica que pode ser gerada a partir deste método.

Percebe-se, que existe uma circulação e uma interação entre as obras eletroacústicas e instrumentais de Xenakis, principalmente no que se refere à sua síntese estocástica e a transferência deste procedimento para a música instrumental, por meio da sonificação dos gráficos de variação de pressão sonora. Assim, podemos supor que exista uma "unidade de pensamento" forado-tempo que faz convergir suas obras instrumentais e eletroacústicas para uma mesma concepção de base. Esta concepção estaria ligada à ideia de composição do "som" em potencial, cuja realização concreta poderia ocorrer em diferentes

meios, instrumentais (para diferentes formações instrumentais) ou eletroacústicos, utilizando gravações de sons concretos, instrumentais ou por meio de síntese sonora. Há também, ao longo do tempo, dentro do meio eletroacústico, a tendência de Xenakis utilizar unicamente sons provenientes da síntese estocástica. Obras dos anos 1970 como o *Polytope de Cluny* e *La Légende D'Eer* promoviam a combinação de sons provenientes de diferentes fontes, já *Gendy3*, de 1991, faz uso totalmente de sons de síntese.

Finalmente, é possível observar um prolongamento conceitual que liga o percurso composicional e teórico de Xenakis ao longo dos períodos abordados neste texto, das décadas de 1950 a 1990. Este período abrange o surgimento da música estocástica livre no contexto da música instrumental e orquestral e sua realização com a ajuda de computadores, originando a série de composições *ST*. Como alicerce destas técnicas composicionais, sempre houve um outro lado relevante, o da percepção das formas sonoras criadas, a partir da noção de massas sonoras como fator principal, presente na evolução temporal das texturas e timbres em suas qualidades acústicas, psicoacústicas e níveis de fusão ou separação. A ideia de um sistema dinâmico evoluindo temporalmente de uma realidade a outra, do caos à ordem (ou vice-versa e seus inúmeros estágios intermediários) ou a noção de entropia sempre estiveram regulando estes processos composicionais.

A síntese estocástica surge no início dos anos 1970 por uma vontade de Xenakis em implementar um novo modelo de síntese, distinto das sínteses baseadas nos modelos acústicos do som como o de Helmholtz (aditiva, subtrativa, AM, FM). As variações randômicas de pressão sonora foram o meio adotado para a geração de curvas aleatórias que, quando tocadas, produziam efeitos perceptivos impactantes, com grande presença de elementos característicos de ruído e, ao mesmo tempo, com grande potencial de variedade morfológica. Como abordado, este modelo jamais foi abandonado e passou por mudanças e aperfeiçoamentos durante mais de duas décadas, resultando em uma série de obras. É importante observar também que este novo modelo carrega em si o pensamento estocástico livre das obras instrumentais dos anos 1950, tanto na escala temporal da microssíntese como também em relação à definição da macroforma e estrutura das obras, como é o caso de *Gendy3*.

Com isso, o que se destaca é a coerência e a continuidade de um pensamento criativo construído por muitas décadas, que se manifestava

concretamente de diferentes formas, seja na música instrumental (orquestral, camerística ou solista), na música eletroacústica (concreta ou baseada em seu modelo de síntese sonora) ou ainda em formatos multimídia como é o caso dos seus *Polytopes*, dentre os quais a música de dois deles foi abordada neste artigo.

Agradecimentos

Agradecemos ao grupo de pesquisa Muscom – Criação, análise e performance musical com suporte computacional (UFMT/CNPq) – pelos encontros e discussões teóricas e práticas que auxiliaram o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

1. Agostini, Giulio; Longari, Maurizio; Pollastri, Emanuele. 2003. Musical Instrument Timbre Classification with Spectral Features. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, v. 1, p. 5–14.
2. Antunes, Micael; Feulo, Guilherme; Queiroz, Marcelo; Manzolli, Jônatas. Psychoacoustic-Based Methodology for Sound Mass Music Analysis. In: ARAMAKI, M. et al. (Ed.). *Music in the AI Era. Lecture Notes in Computer Science*, p. 267–281. Cham: Springer International Publishing, 2023.
3. Catanzaro, Tatiana, 2018. *Transformações na linguagem musical contemporânea instrumental e vocal sob a influência da música eletroacústica entre as décadas de 1950–70*. Rio de Janeiro: 7Letras.
4. Colyer, Cornelia. 1986. Studio Report: Centre d'Études de Mathématique et Automatique Musicales. *Proceedings of the International Computer Music Conference ICMC 86*. Haia, 1986, p. 317–319.
5. Harley, Maria Anna. 1998. Music of Sound and Light: Xenakis's Polytopes. *Leonardo*, v. 31, n. 1, p. 55–65.
6. Hoffmann, Peter. 2004. Something rich and strange: Exploring the Pitch Structure of *Gendy3*. *Journal of New Music Research* v. 33, n. 2, p. 137–144.
7. Iazzetta, Fernando; Piccinini, Augusto. 2018. Sonificação como art-science: três lógicas de interdisciplinaridade, três lógicas de sonificação. Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música (28.) *Anais...* Manaus, 2018.

8. Kanach, Sharon. 2008. *Music and Architecture by Iannis Xenakis*. Hillsdale: Pendragon Press.
9. Kiourtsoglou, Elisavet. 2017. An Architect Draws Sound and Light: New Perspectives on Iannis Xenakis's *Diatope* and *La Légende d'Eer* (1978). *Computer Music Journal* v. 41, n. 4, p. 8–31.
10. Luque, Sergio. 2009. The Stochastic Synthesis of Iannis Xenakis. *Leonardo Music Journal* v. 19, p. 77–84.
11. Matossian, Nouritza. 1986. *Xenakis*. Londres: Kahn & Averill.
12. Roads, Curtis. 1996. *Computer Music Tutorial*. Cambridge: The MIT Press.
13. Rossetti, Danilo; Antunes, Micael; Manzolli, Jônatas. 2022. *Analysing Mikka 'S': from Micro to Macrocomposition and Perception Features*, p. 136–146. In: Solomos, M.; Georgaki, A. (Ed.) *Centenary International Symposium Xenakis 22*. Atenas: Kostarakis.
14. _____. Elementos da música estocástica em *Achorripsis* de Iannis Xenakis. Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música (20.) *Anais...* Florianópolis, 2010.
15. Serra, Marie-Helène. 1993. Stochastic Composition and Stochastic Timbre: *Gendy3* by Iannis Xenakis. *Perspectives of New Music* v. 31, n. 1, p. 236–257.
16. Solomos, Makis. 1996. *Iannis Xenakis*. Mercuès: P.O. Editions. hal-01202402.
17. _____. 2006. Le *Diatope* et *La Légende d'Eer* de Iannis Xenakis. In: Bossis, B.; Veitl, A.; Battier, M. (Org.). *Musique, instruments, machines. Autour des musiques électroacoustiques*, p. 161–196. Paris: Université Paris 4
18. _____. 2001. The Unity of Xenakis's Instrumental Music and Electroacoustic Music: The Case for 'Brownian Movements'. *Perspectives of New Music*, v. 39, n. 1, p. 244–254.
19. Squibs, Ronald J. 1996. *An Analytical Approach to the Music of Iannis Xenakis: Studies of Recent Works*. Doctoral Dissertation, New Haven: Yale University.
20. Tempelaars, Stan. 1996. *Signal Processing, Speech and Music*. Lisse: Sweets & Zeitlinger.
21. Turner, Charles. *Xenakis in America*. Nova Iorque: One Block Avenue, 2014.
22. Xenakis, Iannis. 1955. La crise de la musique sérielle. In: Xenakis, I. 1994. *Kéleütha Écrits*, p. 39–43. Paris: L'Arche.
23. _____. 1958. Les trois paraboles. In: Xenakis, I. 1976. *Musique architecture*, p. 16–19. Tornai: Casterman.

24. _____. 1992. *Formalized Music: Thought and Mathematics in Composition*. Nova Iorque: Pendragon Press.
25. _____. 1956. Lettre à Hermann Scherchen. In: Xenakis, I. 1994. *Kéleütha Écrits*, p. 44–45. Paris: L'Arche.
26. _____. 1994. *Kéleütha Écrits*. Paris: L'Arche.
27. _____. 1976. *Musique architecture*. Tournai: Casterman, 1976.
28. _____. 1963. *Musiques Formelles*. La Revue Musicale. Paris: Richard Masse, 1963.
29. _____. 1971. New Proposals in Microsound Structure. In: Xenakis, I. 1992. *Formalized Music: Thought and Mathematics in Composition*, p. 242–254. Nova York: Pendragon Press.