

## A CIÊNCIA NA ARTE MUSICAL DO SÉC. XX: DUAS CORRENTES CONTÍGUAS

*The Science in XXth century musical work: two paralel visions*

SANTOS, Sandra Cristina Costa<sup>1</sup>, & POSTIGA, José Luís Fangueiro<sup>2</sup>

---

### **Resumo**

Observando o desenvolvimento de múltiplas correntes estéticas no pós-segunda grande guerra, procura-se nas raízes das ciências denominadas de exatas, os conceitos abstratos que definem novas correntes estéticas da arte musical. Para isso, procuram-se as relações entre a matemática e geometria com a música desenvolvida por Karlheinz Stockhausen, particularmente em Gruppen (1955-57) para três orquestras, assim entre leis da física e sua exportação para os conceitos arquitetónicos e musicais de Iannis Xenakis, focando Metastaseis (1953-54) para 61 músicos.

### **Abstract**

Observing the development of multiple aesthetic currents in the post-World War II, one seeks in the roots of the so-called exact sciences, the abstract concepts that define new aesthetic currents of musical art. To this end, the relations between mathematics and geometry with the music developed by Karlheinz Stockhausen are sought, particularly in Gruppen (1955-57) for three orchestras, as well as between the laws of physics and their exportation to the architectural and musical concepts of Iannis Xenakis. , focusing on Metastaseis (1953-54) for 61 musicians.

**Palavras-chave:** *Música Matemática; Teoria dos conjuntos; Estocástica; Serialismo; Formalismo.*

**Key-words:** *Mathematical Music; Set Theory; Stochastic; Serialism; Formalism.*

**Data de submissão:** fevereiro de 2019 | **Data de aceitação:** junho de 2019.

---

<sup>1</sup> SANDRA CRISTINA SANTOS – Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Bragança. PORTUGAL. Email: [scaleiro@ipb.pt](mailto:scaleiro@ipb.pt)

<sup>2</sup> JOSÉ LUÍS FANGUEIRO POSTIGA - Universidade de Aveiro. PORTUGAL. Email: [luispostiga@ua.pt](mailto:luispostiga@ua.pt)

## INTRODUÇÃO

A segunda metade do século XX é marcada por uma panóplia de correntes estéticas musicais, que se verificam como consequências da incorporação de teorias e observações oriundas de áreas científicas, quer no domínio das ciências exatas, como das ciências sociais e mesmo dos conceitos espirituais vindos do oriente. O presente artigo pretende mostrar essas relações na definição de duas das correntes mais representativas e marcantes do século. Aborda os domínios do serialismo e formalismo, relacionando-os com as teorias matemáticas que surgem por detrás dos mesmos. Seria de todo impossível fazer uma representação completa de todos os movimentos e obras que manifestam cada abordagem referida. Por isso, selecionam-se Gruppen, de Karlheinz Stockhausen, com o serialismo integral, e Metastaseis, de Iannis Xenakis, com o Formalismo.

Segundo Fichet (1996, p. 295) as teorias de Stockhausen situam-se um pouco à margem das dos seus contemporâneos, isto porque os seus textos não apresentam sistemas particularmente inovadores. Na prática o que o distingue dos demais é a forma como o compositor não afirma as suas teorias com fundamentação científica rigorosa, nem pretende que estas sejam validadas cientificamente, apenas faz proposições no sentido de enquadrar os seus ideais num sentido lógico ensaísta. São por isso muitos os que contestam de forma veemente as suas afirmações, verificadas e desenvolvidas apenas num determinado contexto composicional, para uma obra ou conjunto de obras específicas. Sendo talvez o compositor mais influente da segunda metade do século XX, Stockhausen parte dos princípios enunciados no serialismo integral, para aplicar a teoria matemática dos conjuntos a todos os parâmetros que participam da produção da obra musical. O objetivo é a procura de uma unidade em torno desses pilares, de maneira evitar a escrita de obras que são atonais no domínio da altura, mas formal, rítmica e timbricamente idênticas às que se realizavam sob a égide do sistema tonal. Já o conceito de Formalismo tem por base o realce da forma sobre o conteúdo ou significado. Segundo Pombo (s. d.), a escola formalista foi criada por volta de 1910 por David Hilbert, com o objetivo de criar uma técnica matemática que demonstrasse que esta disciplina estaria completamente livre de contradições. A pedra basilar desta teoria é que não existem objetos matemáticos, mas antes apenas axiomas, definições e teoremas ou fórmulas, podendo no limite deduzir-se a partir de regras uma fórmula partindo de outra. Do ponto de vista artístico, são formalistas as correntes de pensamento que privilegiam as regras, aspetos e valores formais de uma obra de arte em detrimento do seu resultado (Xenakis,

1992). Nesta doutrina, a beleza de um objeto artístico é inerente à presença de uma forma adequada para caracterizar a configuração estética de um objeto. Por outro lado, é formalista a escola artística que atribui valor essencial à forma por oposição ao fundo, bem como aprecia e preconiza a arte *de per si*, isenta de preocupações morais ou sociais.

## A TEORIA MATEMÁTICA DOS CONJUNTOS E NA MÚSICA

Pode-se apontar o *Mode de valeurs et d'intensités* de Olivier Messiaen, mostrado aos jovens compositores que participavam nos Cursos de Verão em Darmstad, em 1949, como o princípio musical do serialismo integral. Messiaen (*apud* Griffiths, 2010, pp. 35-36) no prefácio à peça descreve como esta é composta como um contraponto a três partes, em que cada uma usa um conjunto diferente de doze sons cromáticos e outro de doze 'durações cromáticas'. A sua real importância residia na sistematização precisa que precedia a composição da obra.

Juntamente com *Ile de feu*, o *Mode de Valeurs* e outras duas peças para piano, que formam os *Quatre Etudes de Rythme*, Messiaen realizou uma gravação do resultado sonoro, emitida nos cursos de 1951, tendo sido recebida por Stockhausen (*apud* Griffiths, 2010, p. 37) como uma "música fantástica das estrelas", o que o levou a desenvolver a sua técnica composicional a partir destas bases de relação entre conjuntos de elementos.

A teoria que sustenta todo o sistema serial provém da Teoria moderna dos Conjuntos apresentada pelo matemático russo nascido na Alemanha, George Cantor. Segundo este, "um conjunto é uma coleção de elementos, havendo uma relação básica entre um dado objeto que lhe pertence, independentemente do número de vezes que este aparece no conjunto, não sendo por isso relevante a quantidade de ocasiões que nele surge" (Cantor, 1915, pp. 85-6). Note-se então que matematicamente, esta teoria implica a noção de "designações (ou termos) e proposições (ou frases), sendo que a primeira implica a indicação de objetos (números, pontos, conjuntos, funções, etc.), enquanto a segunda exprime afirmações (que podem ser verdadeiras ou falsas)" (Ferreira, 2001, p. 5). No mesmo sentido, se pode dizer que um conjunto é "definido por uma certa condição,  $p(x)$ : os elementos do conjunto são precisamente os objetos que convertem  $p(x)$  numa proposição verdadeira" (*idem*, pp. 17-18). Refira-se ainda que musicalmente não existem conjuntos singulares, isto é, conjuntos com um só elemento, nem tão pouco conjuntos vazios, ou seja, grupos sem nenhum elemento sonoro. Esses grupos, ou em linguagem

matemática, conjuntos podem ainda possuir relações de interseção e diferença, consoante as relações possíveis entre os seus elementos. Mas cada conjunto pode ser visto como um elemento de outro e vice-versa, dependendo diretamente da dimensionalidade de observação do objeto. É neste conceito que o primeiro e grande impulso no desenvolvimento da teoria dos conjuntos se verifica nos denominados Axiomas de Zermelo-Fraenkel.

Pode-se dizer que a teoria dos conjuntos é aplicável a praticamente todo o tipo de música, mas é sem dúvida a complexidade de aplicação de relações entre conjuntos presentes no serialismo, quem maior aproximação realiza ao desenvolvimento da própria teoria matemática. A *Pitch Class Set Theory* (teoria dos conjuntos de classes de alturas) estruturada por Allen Forte (1973) manifestou-se como um importante ponto de apoio entre as diferentes áreas científicas, ao revelar princípios da teoria dos conjuntos na elaboração da linguagem musical atonal. Tendo partido dos escritos de Milton Babbitt na década de 50, que não constituíam em si uma teoria mas apresentavam como objetivo principal demonstrar que “dentro desta diversidade de estruturas, da sua flexibilidade e precisão, o sistema de doze sons não deve nada a todos os sistemas musicais do passado ao presente” (Babbitt, 1960, p. 259 *apud* Fichet, 1996, p. 256), Fichet apresenta a teoria como próxima dos ideais schenkerianos, onde se procura as estruturas profundas no seio da complexidade musical revelada pelo resultado auditivo. Procura-se assim descobrir pela segmentação de uma partitura as unidades musicais de uma obra, as estruturas que são comuns outras partituras, pois qualquer uma dessas unidades “deve ser vista como objetos de análise” (Forte, 1977, p. 83). A relação entre a matemática e a música começa por se verificar pela já tradicional analogia entre as notas musicais e os números inteiros. Com efeito, considerando o universo sonoro tradicionalmente notado, com divisões da oitava em doze meios tons cromáticos, associa-se facilmente dois universos distintos e igualmente infinitos, o dos números inteiros e o dos sons de notação tradicional. Tal como na matemática se parte de um ponto 0 em direções crescente e decrescente, negativa, também nas notas musicais se toma um elemento de partida, normalmente o dó central, denominado em Portugal de índice 3. Cada meio tom cromático que se avança no sentido ascendente corresponderá ao número positivo de espaços semitonais que separam o som do ponto de partida. No sentido oposto, o número será naturalmente negativo. Contudo, a relação numérica em função das notas que representam revela classes de equivalência, isto é, subconjuntos que cujas alturas se repetem à distância de oitava, ou seja, 12 meios tons

acima. Assim, tal como não existe definição de índice na abordagem musical a determinada escala, pode-se associar um determinado número a sua correspondência de altura, independentemente do registo em que encontre. A. Forte denomina este subconjunto de Classes de Altura (Pitch Class).

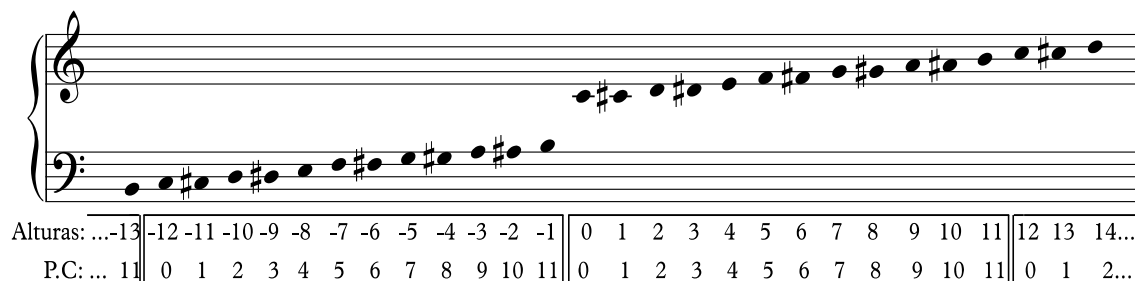


Fig. 1. Ordenação e Relação entre alturas e Classe de Alturas (P.C.)

Desta forma, um intervalo musical corresponde uma razão matemática de diferença entre dois valores, e enquanto tal analisados pelos princípios que os orientam: a transposição, como soma e subtração de fatores; a ampliação intervalar como elemento resultante de multiplicação. Assim, nas relações matemáticas são estruturadas as organizações formais e musicais.

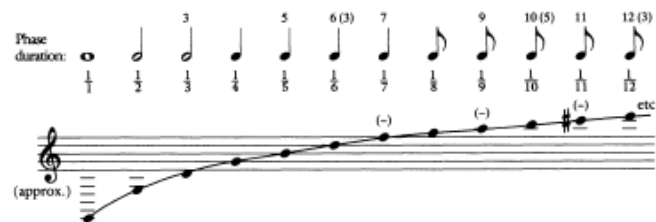
### *Gruppen, K. Stockhausen*

Composta entre 1955 e 1957, a escrita de “Grupos” para três orquestras é das primeiras obras pós 1950 a usar o espaço, enquanto elemento de difusão, incluído como dimensão estrutural do processo organizativo. Contudo, não é este o princípio fundamental da organização da obra, mas antes uma consequência da necessidade de integrar as dimensões do tempo, enquanto elemento percebido de forma natural, no panorama de controlo efetivo e coerente dos seus elementos seriais. Neste sentido, a própria noção de altura é vista pela primeira vez como um elemento temporal, pela sua definição científica, uma vibração que ocorre num determinado espaço de tempo. Assim, “Espaço e Tempo mantêm-se unidos na constituição estrutural de *Gruppen* como dimensões musicais num contínuum inquebrável e palpável” (Misch, Hentschel, & Kohl, 1998, p. 144).

Ao abordar grupos de notas, fixos através de parâmetros também eles organizados pela própria série, cuja atitude de resto se reflete no nome da obra, Stockhausen altera a sua própria metodologia de pré-ordenação composicional, de maneira a que não sejam os

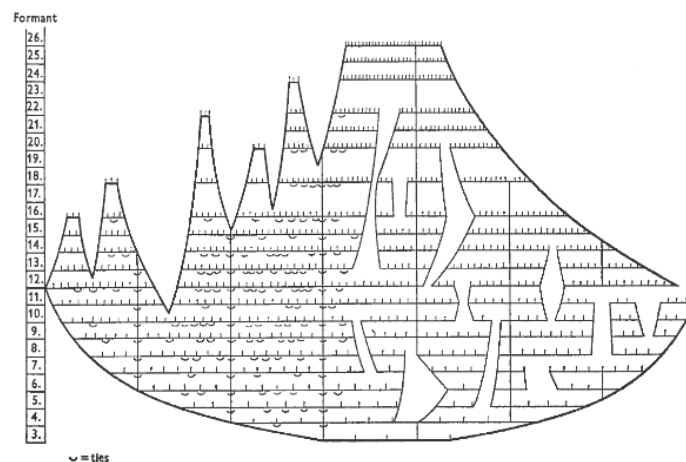
parâmetros de registo associados a notas individualizadas, mas antes às características do grupo a que pertencem. Neste sentido, é o tempo que se apresenta como elemento base de organização de todas as estruturas grupais da obra. Se uma frequência é o resultado de um número de ciclos completos num segundo, então tempo e altura são elementos do mesmo espaço matemático, com uma unidade básica idêntica.

Ao se relacionar os dois conceitos, Stockhausen apresenta dois fatores operativos resultantes em comportamentos sonoros: pelo fator de multiplicação, o resultado apresenta-se como uma série proporcional de sub-harmónicos, pois a fase mais curta corresponderá a uma razão temporal e de frequência de  $1/2000''$ , enquanto a mais longa a  $1/166''$ ; pelo fator de divisão o resultado é precisamente o inverso, pois de a fase fundamental for semibreve =  $1/100''$ , então a 12ª fase corresponderá a uma quialtera de doze elementos de colcheia =  $1/1200''$ .



**Fig. 2** Relação de multiplicação entre a duração e a frequência (fase) correspondente (Misch, Hentschel, & Kohl, 1998, p. 154).

A repetição do conceito aos âmbitos alargam-se aos âmbitos do registo e do timbre. Neste contexto, o conceito de formante, enquanto elemento de bandas de concentração energética de vibração no seio do universo sonoro (fig.3).



**Fig. 3** - Formante-espectral no grupo 7 (Harvey, 1975, p. 67)

### **A TEORIA DOS CRIVOS E DAS PROBABILIDADES: formalismo e estocástica**

A abordagem formalista na música viria a ser o ponto de partida de Iannis Xenakis para o desenvolvimento de métodos composicionais através da teoria das probabilidades à qual chamou de Estocástica. Este formalismo consiste na criação de um sistema lógico e coerente, inspirado nas matemáticas, aplicando a um conjunto de dados (neste caso material musical) as suas leis e princípios, utilizando fórmulas pré-existentes ou elaborando novas fórmulas através de leis e/ou princípios lógicos e coerentes. No prefácio a *Formalized Music* (1992, p. ix), o compositor refere que a abstração e formalização do ato criativo conduziu a uma relação fértil com a matemática, passando a qualificação estética de determinado fenómeno musical e ter de ser feita pela inteligência que cada um carrega, ao invés de poder ser considerada ‘belo’ ou ‘feito’.

Desde a antiguidade os conceitos formais estiveram sempre na interligação entre a arte e a matemática, buscando uma resposta para os contrastes existentes entre os conceitos de acaso, desordem e desorganização e seu opostos razão, ordem e organização, respetivamente. Contudo, nas teorias mais recentes tem-se verificado que o acaso é passível de ser estudado em diferentes níveis, transformando-o em elementos passíveis de racionalização através da estatística. O *stokos*, termo grego que significa “tender irresistivelmente em direção a um objetivo” (Santana, 1998, p. 21), surge então como abordagem necessária para equilibrar a presença ou ausência de casualidade que, segundo o compositor, permite a explicação do mundo, e consequentemente do fenómeno sonoro, como um conjunto de leis que controlem os conceitos de probabilidade, estatística, entre outros. Para Xenakis este termo exprime a ideia de massas que se direcionam para um meio, um estado de estabilidade, promovendo um alargamento das regras e leis de composição, pois estes fenómenos que são da natureza e regidos por leis internas, não podem ser resolvidos por conceitos como o contraponto ou a harmonia, obrigando à busca de outros princípios e procedimentos que possam realizar o seu controlo e organização no espaço e no tempo.

Segundo Fichet (1996, p. 229), para criar a música estocástica o “compositor adapta várias das fórmulas e princípios da teoria das probabilidades para tentar controlar elementos particularmente complexos que excedem as possibilidades humanas”. É o próprio compositor que refere que “fazer música significa exprimir a inteligência humana por meios sonoros. Inteligência no seu sentido mais amplo que compreenda não só os

caminhos da lógica pura, mas também os da lógica dos afetos e da intuição” (Xenakis, 1992, p. 203). No mesmo sentido, Santana (1998, p. 19) refere que “a música – talvez isso se deva à sua essência abstrata – é uma arte que tende à conciliação do pensamento científico e da criação artística, através da música”. A estocástica engloba então “tudo o que é de natureza aleatória ou assente no acaso, ou conjunto de eventos considerados independentemente de toda a espécie de causa, encadeamento ou determinação. A estocástica estuda e formula as leis dos grandes nomes, dos eventos raros, dos processos aleatórios, etc.”

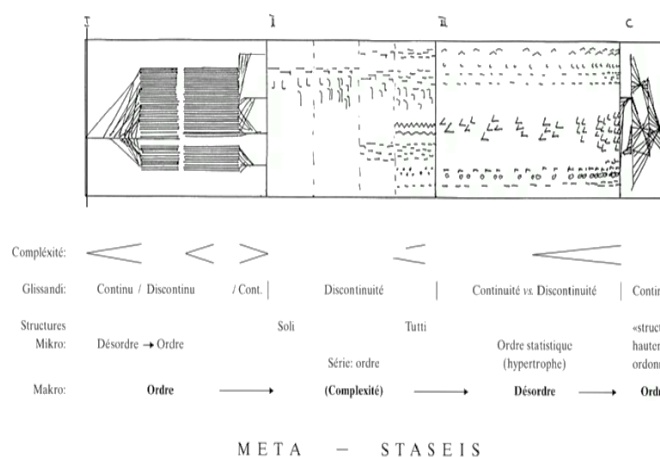
### *Metastaseis, I. Xenakis*

A primeira fórmula probabilística usada baseia-se na Teoria Cinética do Gás, desenvolvida Boltzmann e Maxwell no final do século XIX (Fichet, 1996, p. 230), e do progresso do conceito de entropia apresentado por R. E. Clausius (Santana, 1998, p. 21). Esta noção, musicalmente falando, permite controlar a passagem de um estado sonoro a outro de características diferentes e vice-versa, podendo tais movimentos ser contínuos e progressivos ou, pelo contrário, explosivos e imediatos. Além disso, a entropia associa-se ao conceito de acaso se este caracterizar um estado de desordem ou desorganização de um sistema.

Xenakis introduz a estocástica na música com *Metastaseis* (1953-54), para orquestra de 61 instrumentos, sendo esta obra “um estudo sobre as evoluções sonoras contínuas e um trabalho teórico sobre as probabilidades” (Durney, 1972, p. 5). O glissando, enquanto meio estrutural da obra, assumia-se para Xenakis como a linha mais sensível da música, e associava-se à movimentação das moléculas estudadas na teoria cinética do gás. Assim, a relação entre velocidade e temperatura é adaptada ao conceito musical de velocidade de emissão e frequência do som. O resultado é uma sucessão de eventos contínuos e descontínuos, linhas e sucessões de pontos, mutações contínuas onde são assinaladas as componentes moleculares com representações permanentes das ‘moléculas’ pela articulação dos wood blocks, primeiro, e dos pizzicatos das cordas, depois. No entanto, para além dos glissandos serem usados individualmente em todos os elementos do ensemble de cordas, o compositor individualiza cada um dos sessenta e um elementos que compõem a orquestra. A estocástica é também resultado do uso de procedimentos matemáticos, nomeadamente através de progressões geométricas que correspondem à secção de ouro, e que promovem a combinação de estruturas intervalares, de duração, de

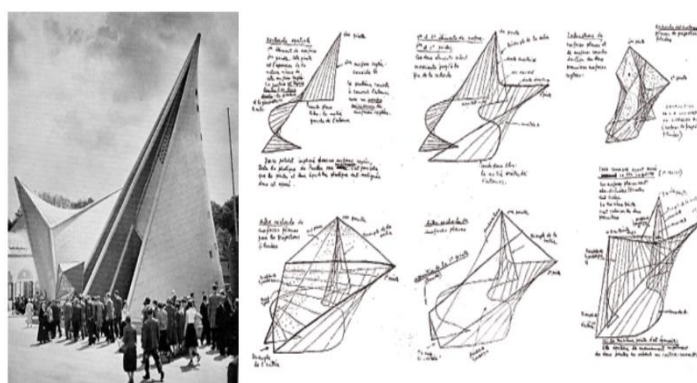


timbres e de dinâmicas. Nas palavras do compositor “Tornei-me mais interessado na ideia de mudança contínua e descontínua. Em *Metastaseis* a forma é representada pelos glissandos, mais tarde pela permutação de intervalos e também a organização do tempo é baseada na secção de ouro” (Balint, 1996, pp. 72-73).



**Fig. 4** – Estrutura Geral da Obra (Xenakis, 2012).

*Metastaseis* é também a primeira grande obra resultante da interdisciplinaridade entre a arquitetura e a música composta por Xenakis. A relação da aplicação dos mesmos princípios aos dois ramos da arte manifesta-se de forma clara na estruturação do Pavilhão Phillips para a exposição internacional de Bruxelas em 1958: as linhas hiperbólicas apresentadas encontram um paralelo com o próprio esquema gráfico de *Metastaseis*, nos glissandos das cordas entre os compassos 309 e 313. A forma adotada pelo compositor para a sua obra musical não tinha hierarquia, pois sem ponto de partida ou chegada comparava-se à “forma momento” desenvolvida por Stockhausen, embora os ‘momentos’ xenakianos fossem bastantes mais extensos, sendo que cada um possui um forte sentido de direcionalidade e desenvolvimento interno.



**Fig. 5** Pavilhão Phillips e croquis da sua estruturação por Xenakis e Corbusier (Xenakis, 2012).

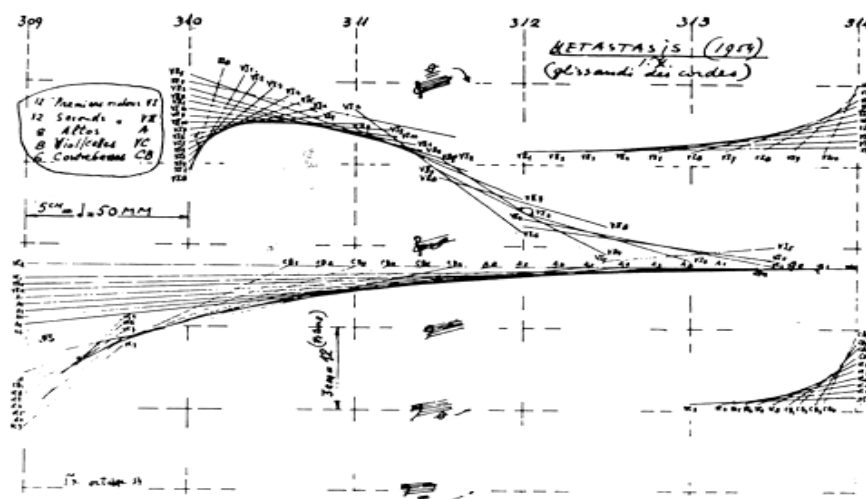


Fig. 6 Metastaseis: compassos 309 a 314 – representação gráfica (Xenakis, 2012).

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento musical erudito dos últimos anos tem sido feito com recurso a uma reinterpretação de elementos que são, na sua grande maioria, pertencentes a áreas do conhecimento que não da música. Esta importação de conceitos é feita em dois âmbitos: na incorporação de teorias e metodologias pertencentes a outras áreas científicas no desenvolvimento de novas técnicas de construção e organização de materiais composicionais; no uso de metodologias desenvolvidas por outros ramos de conhecimento para o desenvolvimento de estéticas musicais; na representação de comportamentos e posturas sociais e civilizacionais com recurso a uma fusão entre manifestos característicos e novos processos de análise e criação de fenómenos sonoros.

Em *Gruppen* de Stockhausen verifica-se o uso de teorias matemáticas no desenvolvimento e organização dos materiais musicais, bem como na sua elaboração formal. Em *Metastaseis* Xenakis verifica-se a origem de conceitos, gestos e organizações musicais paralelos aos que dão origem a obras arquitetónicas.

Em ambos o caso se verifica uma atitude composicional na busca pela inter-relação com outras disciplinas da base de desenvolvimento das novas linguagens que caracterizam o pensamento contemporâneo musical. Face a esta atitude, pode-se afirmar que, na organização dos materiais musicais de cada obra dos últimos 50 anos existe uma ação interdisciplinar, que preside à construção de novos conceitos musicais, que por sua vez marcam padrões estéticos que servem de marcos para o desenvolvimento da própria linguagem musical.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fichet, L. (1996). *Les Théories Scientifiques de la Musique aux XIXe et XXe Siècles*. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin.

Pombo, O. (s.d.). *Formalismo*. Disponível em:

<http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/oPOMBO/seminario/fundmat/formalismo.htm>

Xenakis, I. (1992). *Formalized Music – thought and mathematics in composition*. New York: Pendragon press.

Griffiths, P. (2010). *Modern Music and After – directions since 1945*. (3.<sup>rd</sup>). New York: Oxford University Press.

Cantor, G. (1915). *Contributions to the founding of the theory of transfinite numbers* (P. Jourdain, Trad.). New York: Dover publications

Ferreira, J. (2001). *Elementos de Lógica Matemática e Teoria dos Conjuntos*. Lisboa: Departamento de Matemática do Instituto Superior Técnico.

Forte, A. (1977). *The Structure of Atonal Music*. New Haven and London: Yale University Press.

Misch, I., Hentschel, F., & Kohl, J. (1998). On the Serial Shaping of Stockhausen's Gruppen für drei Orchester. *Perspectives of New Music*, 36(1), 143-187. doi: 10.2307/833579

Santana, H. (1998). *L'Orchestration chez Iannis Xenakis: l'espace et le rythme, fonctions du timbre*. (Dissertação de Doutoramento). Universidade de Sorbonne, Paris, França.

Durney, D. (1972). Itinéraire. *L'Arc*, nº51. Paris: Aix-en-provence.

Balint, A. V. (1996). *Conversations with Iannis Xenakis*. London: Faber and Faber.