

PROPORÇÕES MATEMÁTICAS E CRIAÇÃO MUSICAL

*Helena Santana**

A obra de arte perfeita exige, da parte do compositor, o domínio completo da linguagem e das técnicas utilizadas, o respeito das leis de organização de todos os seus constituintes e o bom equilíbrio entre as suas forças e linhas de orientação. Para que se torne um grande acontecimento artístico, o criador deve repensar e dar uma nova forma a todos estes factores estando o progresso ligado ao domínio e desenvolvimento dos materiais, meios e técnicas empregues na sua concepção, produção e divulgação. Evoluir implica investigar, repensar e estudar novos processos de organização musicais, permitindo ao compositor conceber, estruturar, desenvolver, manipular e controlar o material e o discurso musical de uma forma nova e por vezes original, requerendo um conhecimento profundo dos meios e técnicas de definição, organização e estruturação discursivas.

* Docente do DECA da Universidade de Aveiro.

Vista como uma necessidade, a formalização do acto de compor torna-se um instrumento eficaz na organização do material musical e dos componentes do som. As teorias, fórmulas e princípios utilizados, matemáticos ou outros, revelam-se, no entanto, um meio e nunca um fim, pois os estádios realmente criativos em composição musical são o estádio inicial, onde se define a estrutura abstracta da obra e o estádio final onde se selecciona de entre o conjunto dos materiais obtidos pelo cálculo, o subconjunto que nos interessa. A matemática permite ao compositor aplicar a um conjunto de dados (o material musical), leis, princípios ou fórmulas já existentes ou que elabora a partir de leis e princípios lógicos e coerentes, concebendo um sistema e obtendo um conjunto de elementos ordenados segundo as regras do sistema por ele concebido. Formalizando, o compositor guarda não só o controlo do modelo ou sistema aplicado como do resultado obtido não garantindo, no entanto, o valor da sua obra. A matemática não deverá substituir-se ao homem; o compositor controlará sempre as estruturas empregues verificando todos os elementos obtidos pois, o controlo e a organização do universo sonoro da obra é um factor determinante para a qualidade da mesma. “*Seria absurdo pensar que a música pudesse subjugar-se à matemática. (...) Utilizar este ou aquele modelo abstracto e reproduzi-lo em música (...) é um guia*”¹ sendo o compositor, o senhor supremo da sua obra.

Vários são os compositores que utilizam processos matemáticos para organizar e conceber o seu universo musical, nomeadamente a teoria ou cálculo das probabilidades, a estatística, a teoria dos jogos, a teoria dos conjuntos, a teoria dos crivos, a lógica matemática, a secção de ouro, a série de Fibonacci...

¹ Bourgois, J., *Entretien avec Xenakis*, Boosey & Hawkes, 1970, s. p.

A teoria ou cálculo das probabilidades nasce do estudo dos jogos do acaso dando origem à Música Estocástica de concepção estética e filosófica oposta ao serialismo¹. De origem grega a palavra estocástica significa tender para um fim. Introduzida em música por Xenakis com a obra *Metastaseis* (1953-54) objecto de análise ao longo deste trabalho, a estocástica como sinónimo de probabilidade, de aleatório e de acaso traduz em música a noção física de entropia, permitindo o controlo da passagem de um estado sonoro a um outro de características diferentes, mesmo contrárias. Esta passagem ou transformação pode ser contínua e progressiva ou directa e imediata. Definido como uma lei estética, o acaso é o limite da noção de simetria evoluindo para a assimetria, não podendo em caso algum, ser imitado ou improvisado. Para Xenakis, sendo um conceito científico, é determinado e ordenado de forma rigorosa pelas leis da estatística e da teoria das probabilidades².

A teoria dos jogos origina a Estratégia Musical. A música composta com base na teoria dos conjuntos e na lógica matemática denomina-se de Música Simbólica. Baseando-se na escolha, a Estratégia Musical é para

¹ No seu artigo “A crise da música serial” publicado na revista “*Die Gravesaner Blaetter*”, n.º 1 (1955), Xenakis tece uma dura crítica a esta corrente musical denunciando o excesso de preocupação dos compositores face às alturas, intensidade e timbres, e ao facto de que a duração, componente essencial na concepção de uma obra musical, não seja objecto de um estudo e estruturação rigorosos. Xenakis critica ainda a exclusão do controlo harmónico, a linearidade e a falta de evolução discursivas. Este facto deve-se a que na sua essência a série seja um modelo e as suas permutações, combinatórias do modelo original.

² Com uma concepção oposta face ao acaso e à indeterminação encontra-se John Cage. Baseando-se nas suas operações, deixa ao(s) intérprete(s) a possibilidade de escolher. Para ele compor significa “sugerir ao intérprete a possibilidade objectiva e real de uma acção, ou seja, abrir um espaço de jogo”. (Charles, D., *Gloses sur John Cage*, Union générale d'éditions, Paris, 1978, p. 16).

Xenakis um alargamento deste conceito⁴. O interesse das obras concebidas com base nesta teoria, reside no condicionamento mútuo das partes, condicionamento este, que respeitando a diversidade do discurso e uma certa liberdade dos jogadores (intérpretes), implica uma forte influência do compositor. A Música Simbólica, representando um dos mais altos graus de formalização musical, baseia-se nos fundamentos da lógica matemática e na axiomatização. Concebida como um conjunto de relações entre figuras abstractas, origina um conjunto de obras baseadas em operações da lógica matemática impostas a classes pré-definidas de sons.

A Secção Áurea e a Série de Fibonacci definem de forma rigorosa as proporções estabelecidas entre as diferentes partes constituintes de uma obra musical, os diferentes componentes do seu discurso, regulando não só a forma, como as alterações de dinâmica, de andamento, de compasso, de timbre, de formas de ataque, de textura, de tonalidade, modo ou um qualquer outro sistema de organização sonora nela contidas⁵.

Incidindo sobre o plano formal e conceptual da obra, o estudo que efectuamos em seguida permite mostrar como estes dois procedimentos, a Secção Áurea e a Série de Fibonacci, se aplicam na elaboração e construção de uma obra musical. Estudando dois compositores maiores da História da Música do século XX, Claude Debussy e Iannis Xenakis, mostramos como a Secção Áurea e a Série de Fibonacci pode ser empregue na elaboração da estrutura tonal ou formal da obra, na

⁴ Esta música responsabiliza não só o compositor como o intérprete. O compositor, determinante na sua elaboração e concepção, intervém em duas etapas fundamentais do processo de composição: a elaboração das táticas do jogo e a criação do material musical sobre o qual o jogo se realiza.

⁵ A alteração de um destes elementos pode ou não ser reforçada pela alteração de um outro.

definição da dinâmica, das formas de ataque e dos timbres empregues. Ao escolhermos obras para diferentes formações instrumentais podemos evidenciar as suas características timbricas. Relativamente a Claude Debussy, escolhemos 2 obras para piano solo do compositor *Clair de Lune* (1890-1905) e *Voiles* (1909). Estas permitem estudar o uso de proporções matemáticas na criação musical a nível formal e estrutural. O estudo da variação da cor instrumental em obras para instrumento solo, representa um factor de dificuldade acrescida.

Na obra de Iannis Xenakis escolhemos *Metastaseis* (1953-54). Contendo texturas e sonoridades que Edgard Varèse imaginava possíveis utilizando unicamente meios electroacústicos, nesta obra as diferentes zonas (de intensidade) são diferenciadas pelos timbres e volumes sonoros. Percebido de forma diferenciada de acordo com a nossa percepção, o timbre torna-se “*um agente de delimitação igual às diferentes cores de uma carta geográfica*”⁶. Para grande orquestra, esta obra sistematiza ainda o uso do glissando transpondo para o universo musical conceitos da física e da arquitectura. *Sea Nymphs* (1994) inclui uma problemática diferente: a utilização da voz e da palavra⁷.

⁶ Matossian, N., *Iannis Xenakis*, Paris, Fayard/Fondation Sacem, colecção “Musiciens d’aujourd’hui”, 1981, p. 91.

⁷ Em *Metastaseis*, Xenakis transpõe para o universo musical alguns conceitos e ideias que estiveram na base de construção do Pavilhão Philips e da fachada “*Le pans de verre musicaux*” do convento de Sainte-Marie-de-la-Tourette.

Secção Áurea

A primeira definição clara de Secção Áurea foi enunciada pelo filósofo Euclides no livro II de *Elementos*. Em *Timeu*, Platão faz referência a esta proporção, reconhecendo-a como “a unidade na pluralidade”. Vitruvius em *A Architectura* afirma que a simetria ou proporção é uma concordância uniforme entre a obra na totalidade e os seus componentes e uma correspondência de cada uma das partes com toda a obra. Recebendo uma educação que nos seus princípios se baseava nos cânones da doutrina grega e egípcia, sabia que a matéria se organizava segundo medidas harmónicas constantes para todas as coisas das quais se destaca a Proporção Áurea⁸.

Em *Clair de Lune*, terceiro andamento da obra *Suite Bergamasque* (1890-1905) de Claude Debussy, a Proporção Áurea define tanto o modo

⁸ Tendo três pontos A, B e C, estes formam uma proporção áurea, quando a parte mais pequena em relação à maior mantém a mesma proporção que a parte maior em relação ao todo. Se tomarmos como exemplo um rectângulo, este obedece à proporção áurea se os seus lados respeitarem esta proporção. Se ao lado mais pequeno dermos o valor 1 e ao lado maior o valor x, obtemos a seguinte equação:

$$1/x = x/(x+1); x+1 = x^2; x^2 - x - 1 = 0$$

De segundo grau, a equação enunciada tem duas raízes:

$$X_1 = (1 + \sqrt{5})/2 = 1,61803398... \text{ ou Número de Ouro};$$

$$X_2 = (1 - \sqrt{5})/2 = 0,61803398... \text{ ou Secção Áurea.}$$

A expressão “número de ouro” define uma harmonia universal. Símbolo do belo, simboliza a perfeição, fornecendo uma explicação para o sentimento estético do belo.

como o compositor utiliza as dinâmicas como a sua estrutura tonal. Quando falamos de estrutura dinâmica ou tonal da obra, referimo-nos a modificações a nível da sua macro-estrutura e não as modificações micro-estruturais e encadeamentos harmónicos utilizados⁹.

O esquema formal de *Clair de lune* obedece à forma ternária. A parte A desenrola-se dos compassos 1 ao 26, subdividindo-se em 14+12 compassos. Os primeiros 14 subdividem-se ainda em 8+6 ($14 \times 0.618034 = 8.652$), e os segundos 12 em 4+8 ($12 \times 0.618034 = 7.416$). Estas proporções estão regulamentadas pela proporção áurea. A parte B desenrolando-se dos compassos 27 ao 50 divide-se em 8+8+8, e cada uma delas ainda se subdivide em 4+4.

A parte A', compassos 51 ao 72, divide-se em 15+7. Os primeiros 15 compassos subdividem-se em 8+7, e os 7 segundos (coda), em 4+3 segundo a mesma proporção ($7 \times 0.618034 = 4.32$).

Plano Formal de *Clair de Lune*

72 compassos											
26			+	24			+	22			
14		+12					8+8+8		15+7		
8+6	4+8						4+4	4+4	4+4	8+7 4+3	

Dinâmica e temporalmente, o comportamento da obra reforça a sua divisão segundo a proporção descrita. Assim, e a nível dinâmico, encontramos o primeiro *fortissimo* após 40 compassos de um longo *crescendo* dinâmico. Verificamos que 40 x

⁹ A nível harmónico, Claude Debussy utiliza nesta obra e pela primeira vez numa composição para piano, uma linguagem musical nova e pessoal. Na sua forma inicial, a obra comportava um prelúdio, um minuetto, uma *Promenade* sentimental e uma *Pavana*. A *Promenade*, *Clair de Lune*, torna-se o andamento mais célebre desta Suite sendo a *Pavana* substituída pelo *Passepied*.

0.618034 = 24.72. No compasso 24, depois de um momento de tensão, encontramos uma dinâmica nova *diminuendo molto*¹⁰. Depois de um longo *crescendo* e ao fim de 16 compassos, compasso 41, encontramos como já referimos o primeiro *fortíssimo* da obra (26 x 0.618034 = 16.06). Do compassos 41, 1º *fortíssimo* da obra, até ao compassos 66, início da coda, são 25 compassos (25 x 0.618034 = 15.45). No compasso 51(66-15), encontramos uma dinâmica *pianíssimo* e retomamos o *Tempo 1º*. No compasso 66, inicia-se a coda numa dinâmica nova *pianíssimo morendo jusqu'à la fin*. Do compassos 51 ao final da obra, compasso 72, verificamos a existência de 22 compassos. No compasso 58 (22-14), verificamos a mudança dinâmica, que se encontra regulada pela secção áurea (22 x 0.618034 = 13,59), de *pianíssimo ppp* para *pianíssimo pp*(ex.1).

A estrutura tonal da obra contém igualmente algumas proporções bem definidas. No compasso 36, Debussy muda radicalmente de armação de clave 5 bemóis (ré b M) para 4 sustenidos (dó # m) (36 x 0.618034 = 22.24 e 22 x 0.618034 = 13.59). Os primeiros 14 compassos, a primeira secção da obra, subdividindo-se ainda segundo a proporção áurea em 8+6 (14 x 0.618034 = 8.65). Debussy retoma a armação de clave inicial depois de 42 compassos (42 x 0.618034 = 25.95). Vinte e seis compassos, compõem a parte A da obra. Verificamos ainda que do compasso 26 ao 42 existem 16 compassos (16 x 0.618034 = 9.88). No compasso 36 (26+10), encontramos a alteração profunda da armação de clave utilizada (4 sustenidos). Do compasso 36 ao 58, encontramos 22 compassos que se dividem segundo a proporção áurea em 14+8 (22 x 0.618034 = 13.59). Os primeiros 14 subdividem-se segundo a mesma proporção em 6+8

¹⁰ Note-se que a primeira secção da obra termina no compasso 26, dois compassos depois.

correspondendo o compasso 42 a uma mudança na armação de clave (5 bemóis) (14 x 0.618034 = 8.65). Do compasso 36 ao 58, encontramos a divisão em 6+8+8 que obtém através de 3 proporções áureas distintas (ex.2).

Debussy compôs o seu 1º Livro de Prelúdios de Dezembro de 1909 a Fevereiro de 1910. O 2º Livro, composto de 1910 a 1912, forma com o primeiro um todo indissociável. Em número de 24, estes prelúdios pretendem caracterizar atmosferas, criando uma aproximação e uma fusão do ouvinte com o tema proposto em cada um. Não sendo descritivas, estas obras são premonições, intuições musicais, cujas consequências sensíveis se pretendem ilimitadas.

Voiles (12 de Dezembro de 1909), representa musicalmente uma noite de verão à beira mar, onde se avista um barco de grandes velas brancas num imenso e sereno mar azul. Nesta obra, Debussy utiliza a Proporção Áurea para determinar as secções e partes que a constituem. Se analisarmos o comportamento dinâmico e as indicações temporais, verificamos que estas reforçam pontos fulcrais da mesma.

Debussy emprega nesta obra dois modelos de organização sonora: a escala de tons inteiros e a escala pentatónica. Encontramos a escala de tons inteiros, constituída pelos sons dó, ré, mi, fá#, láb e sib, dos compassos 1 ao 42 e do 48 ao 64. A escala pentatónica, constituída pelos sons solb, láb, sib, réb e mi# encontra-se do compasso 43 ao 47. Ao analisarmos a peça, verificamos ainda que os compassos 21, 33, 42, 48, e 58 são pontos onde o compositor expõe ou reexpõe novo material musical, ou muda de organização sonora. As proporções das diferentes secções e partes da obra obedecem à proporção áurea. Nos primeiros 20

compassos Debussy expõe e trabalha o primeiro material musical da obra (33 x 0.618034 = 20.39). Nos 12 compassos seguintes, Debussy utiliza um outro material musical (20 x 0.618034 = 12.3). Do compassos 33 a 48, verificamos a existência de 15 compassos que se subdividem em 9 + 6 segundo a proporção áurea (15 x 0.618034 = 9.2). Nos primeiros 9 compassos o compositor desenvolve uma textura de timbre e sonoridade novas; do compassos 42 ao 48, utiliza a escala pentatónica e uma textura musical contrastante (ex.3).

Do compasso 48 ao 64, últimos 17 compassos da obra, Debussy retoma a escala de tons inteiros, a sonoridade transforma-se e os elementos musicais utilizados, diferentes dos anteriores. Estes 17 compassos subdividem-se em 10 + 7 (17 x 0.618034 = 10.5), nos quais Debussy reexpõe diferentes materiais. Salientamos que estes compassos se subdividem 4+3 (7 x 0.618034 = 4.32) e os últimos 3 em 2 + 1 (3 x 0.618034 = 1.85) (ex.4).

Secção de Ouro compassos 48 a 64						
17 compassos						
	10		+		7	
6	+	4		4	+	3
						2+1

A agógica reforça as proporções encontradas. O esquema da dinâmica e dos andamentos, mostra que o ponto mais marcante da obra se encontra na utilização de uma nova forma de organização sonora: a escala pentatónica, compassos 42 a 48. Verificamos a variação da dinâmica de *piano crescendo molto* para *fortissimo*, e a modificação da indicação de

tempo de *en animant – emporté para cédez – très retenu*. Salientamos que esta pequena secção contém 6 compassos e que nela nos deparamos mais uma vez com a proporção áurea que se encontra no preciso momento da passagem do tempo *emporté a cédez* (6 x 0.618034 = 3.708). Notamos ainda a utilização de motivos melódico-rítmicos diferenciados. A condução melódica predominantemente ascendente estabiliza agora no registo médio do instrumento. A estabilização e contenção discursivas estão reforçadas pela utilização de várias pedais (ex.5).

Série de Fibonacci

Foi ao conceber uma lei que determinasse o poder de proliferação dos coelhos que Fibonacci, também conhecido por Leonardo de Pisa, introduziu os cálculos numéricos no pensamento científico ocidental. Fibonacci verificou que no processo de proliferação das gerações, o número de indivíduos da uma dada geração era igual à soma do número de indivíduos das duas gerações anteriores sendo possível expressar deste modo o número de descendentes de uma qualquer geração. Relacionando a série de números que constituem a série descrita, verificou ainda que obedeciam a uma proporção conhecida desde a antiguidade – a Proporção ou Secção Áurea¹¹.

¹¹ A Série de Fibonacci é constituída pela série de números inteiros (u_n); $n \geq 0$ de modo que, para $n \geq 2$ o termo u_n seja a soma dos dois anteriores; ou seja: $u_n = u_{n-1} + u_{n-2}$.

Quando nos referimos ou utilizamos à Série de Fibonacci normalmente referimo-nos à que se encontra definida por $u_1 = u_0 = 1$ e cujos termos são: $S = 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, \dots$; a sucessão das relações entre dois termos consecutivos u_{n+1} / u_n converge como já referimos para o Número de Ouro.

Para grande orquestra, *Metastaseis* (1953-54) inova na forma como o compositor utiliza a orquestra, *divisi* ao extremo, e na forma como organiza o material musical¹². A natureza desse material provém, na sua origem, de uma lembrança do tempo de guerra. Estava em Atenas, “uma manifestação anti-nazi, centenas de milhar de pessoas entoavam um slogan que se repetia de forma gigantesca. Em seguida o combate com o inimigo. O ritmo explode num caos de sons agudos, o silvo das balas, o barulho das metralhadoras. Os sons começam a diluir-se. Pouco a pouco, o silêncio retoma”¹³. Este novo material musical, a massa sonora, formada por um grande número de sons individuais, forma um novo som que se percebe de uma forma global, no seu todo. Organizar este novo material sonoro, representa um desafio para o compositor. Não permitindo uma aproximação quantitativa, a solução passa pela utilização de um procedimento científico. Um conceito da física serve de esquema cognitivo: a noção de “campo”, região do espaço submetido a forças eléctricas, magnéticas ou gravitacionais. Em música, criamos diferentes campos, representados por um sistema de coordenadas exprimindo a sua densidade, variando as quantidades e as direcções das suas forças.

Uma variação num sentido provoca inevitavelmente variações no outro sentido. No entanto, outros factores agem sobre o campo - o timbre, a duração, a frequência, a dinâmica - sendo que a modificação de um qualquer valor provoca sempre uma modificação na textura musical.

Em *Metastaseis*, encontramos ainda o glissando. Considerado pelo compositor como a linha mais sensível em música, é empregue nesta obra

¹² Dedicada a M. Le Roux, teve sua primeira audição no Festival de Donaueschingen em 1955, sob a direcção de H. Rosbaud.

¹³ Matossian, N., *Iannis Xenakis, Coleção Musiciens d'Aujourd'hui*, Fayard/Fondation Sacem, Paris, 1981, p. 70.

de uma forma sistemática no conjunto das cordas¹⁴. Utilizando novos espaços sonoros de evolução contínua comparáveis às superfícies e aos volumes, o glissando encontra-se associado à noção física de velocidade sendo calculado através da teoria cinética dos gases¹⁵. Através desta teoria, Xenakis obtém uma repartição segundo as leis da probabilidade dos dois componentes que formam o glissando: a frequência e o tempo.

A orquestra demonstra a capacidade do compositor em criar sonoridades novas, próximas das sonoridades da música electrónica com os meios convencionais (a orquestra clássica) utilizando os registros extremos e formas de ataque do som pouco usuais: sons harmónicos, *glissandi*, *pizzicati*, *sul ponticello*, *col legno*... As estruturas intervalares, as durações, as dinâmicas e os timbres, encontram-se combinados e estruturados segundo progressões geométricas.

Encontramos um exemplo logo no início da obra compassos 0 a 34. Utilizando a orquestra *divisi* ao extremo e o glissando, Xenakis compõe uma harmonia extremamente densa a partir de um único som (sol 2). A duração desta passagem, 41 segundos, é suficiente para que o público nela se integre. De uma complexidade notável, a estrutura da massa sonora não permite a percepção dos seus constituintes. A homogeneidade

¹⁴ O glissando é por excelência um gesto do compositor.

¹⁵ Esta teoria diz-nos que os gases são formados por moléculas que movendo-se a grandes velocidades e de uma forma desordenada, colidem constantemente umas com as outras e com as paredes do recipiente onde se encontram. Elaborada por J. C. Maxwell (1831-79) e L. Boltzmann (1844-1906), esta teoria permite a interpretação da pressão exercida sobre as paredes de um recipiente como resultado do choque das moléculas, e a temperatura como uma energia cinética média. Quando explica a entropia, funda-se sobre considerações probabilísticas fornecendo uma repartição de velocidades prováveis.

do timbre instrumental contribui para este facto¹⁶. Harmonicamente, encontramos no final do primeiro campo de glissandos, compasso 34, um gigantesco *cluster*. Instalando-se durante 52 compassos, compassos 34 a 85, será percebido não como um *cluster* mas como um agregado menos complexo¹⁷. Timbricamente, esta harmonia encontra-se diferenciada pelas formas de ataque e dinâmica. As formas de ataque variam entre o *pizzicato*, o *normal*, o *ponticello* e o *trémulo*. Nos metais, a utilização do glissando e do *flutterzung* origina uma paleta de timbres bastante diversificada e a variedade na homogeneidade da textura. A dinâmica funciona em bloco (ex.6).

A sucessão das harmonias, dinâmicas, formas de ataque e timbres, encontra-se determinada pela Secção de Ouro regulando os componentes da Série de Fibonacci. Do início da obra até à formação completa da harmonia, encontramos 34 compassos; 21 compassos até ao primeiro silêncio (cordas) e 13 compassos até ao final dos *pizzicati*. Verificamos assim que os primeiros 34 compassos se dividem em 13+21 ($34 \times 0.618034 = 21.01$), e que os primeiros 13 compassos se subdividem em 8+5 ($13 \times 0.618034 = 8.03$) sendo que o primeiro glissando inicia-se no compasso 1, o segundo no compasso 8 e o terceiro no compasso 13. Em seguida sucedem-se de uma forma mais ou menos aleatória e compasso a compasso. A dinâmica evolui do *pp* para o *f* em *crescendo*. A harmonia estabiliza em seguida durante 21 compassos que se subdividem em 13+8 ($21 \times 0.618034 = 12.97$). Os primeiros 13

¹⁶ A harmonia será mantida pelo compositor até ao compasso 85 encontrando-se o seu timbre enriquecido pelos metais a partir do compasso 60. Os registos sonoros, precisos, são evidenciados pelos timbres contrastantes criando uma dialéctica entre dois planos sonoros distintos.

¹⁷ Em *Metastaseis*, a altura sonora e a harmonia encontram-se neutralizadas devido à sua duração.

compassos subdividem-se em 8+5 compassos ($13 \times 0.618034 = 8.03$). Os primeiros 8 compassos utilizam uma forma de ataque *normal*; os últimos 5 *normal plus pizzicato ff*. Os 8 compassos seguintes são executados em *trémulo* uma nova forma de ataque do som. A dinâmica evolui nesta fase do *f* para o *ff* e por último para o *fff*.

Secção de Ouro compassos 0 a 55			
55 compassos			
34 compassos		+	21 compassos
<i>pp</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>fff</i>
13+21			13+8
8+5			8+5
1º glissando	2º glissando		<i>Normal Normal</i>
<i>Trémulo</i>			

A Secção de Ouro e as proporções existentes entre os diferentes termos da Série de Fibonacci, encontram-se aplicadas à harmonia, às dinâmicas, aos timbres e às formas de ataque.

Na terceira e última parte da obra, compassos 317 a 345, Xenakis utiliza igualmente proporções regidas pela secção de ouro. Estes 29 compassos dividem-se em 16 mais 13. Nos primeiros 16 compassos, notamos a progressão, em glissando, de uma harmonia para um único som – sol # 2 (ex.7). Estes 16 compassos subdividem-se em 8+5+3 de acordo com o género de glissando e dinâmica empregues ($8 \times 0.618034 = 4.94$; $5 \times 0.618034 = 3.09$). De 8 em 5 e em 3 compassos, o glissando torna-se mais ou menos pronunciado, ascendente ou descendente conforme os instrumentos analisados. A dinâmica evolui igualmente de 8

em 5 e em 3 compassos do *ppp* para o *fff* para o *p* e para o *fff*. Os últimos 13 compassos dividem-se em 5+8 ($13 \times 0.618034 = 8.03$). Os primeiros 5 compassos subdividem-se em 3+2 ($5 \times 0.618034 = 3.09$). Os últimos 8 compassos são interpretados *sul ponticello* em oposição aos anteriores executados em *jeu normal*.

Secção de Ouro compassos 317 a 345											
29 compassos											
16 compassos						+					
13 compassos											
8		+	5		+	3		5		+	
8 <i>glissando</i>				8 <i>glissando</i>				8 <i>glissando</i>			
<i>jeu normal</i>				<i>sul ponticello</i>							
								3		+	2
<i>ppp</i>	<i>fff</i>	<i>fff</i>		<i>p</i>	<i>p</i>	<i>fff</i>	<i>fff</i>	<i>p</i>	<i>p</i>		
	<i>fff</i>	<i>fff</i>	<i>ppp</i>								

A Secção de Ouro e os diferentes termos da Série de Fibonacci regulam a dinâmica, formas de ataque e harmonia empregues (ex.8).

Na terceira secção desta obra, encontramos a oposição entre dois elementos contrários. O primeiro, constituído pelos instrumentos de corda, comporta um *glissando legato* (utilizando ou não sons harmónicos) interpretado *arco normal* ou *sul ponticello* e um *pizzicato*. As dinâmicas funcionam em bloco e a percussão, os metais e as madeiras utilizam outras formas de ataque do som.

De uma grande tensão dramática, o discurso evolui rapidamente. Servindo-se de toda a orquestra e dos registos e limites extremos do espaço sonoro, Xenakis cria uma massa sonora que se desenvolve, progride e transforma mantendo no entanto a estabilidade e semelhança da sua essência musical. O timbre, variando continuamente através das formas de ataque, das dinâmicas, dos registos e dos instrumentos empregues, origina um ritmo de timbres que obedece a proporções rigorosas fixadas pela Secção de Ouro e pela Série de Fibonacci.

Na sua procura de sonoridades lisas e de timbres novos, Xenakis utiliza em *Sea Nymphs* (1994) vozes sem vibrato, rígidas e sem nuances¹⁸. Numa dinâmica *ff* sem nuances, as características mais marcantes do timbre de cada uma das vozes é evidenciado. Utilizando 6 vozes por naipe, o compositor concebe uma obra de uma grande densidade acústica. Cromática, a harmonia, forma vários *clusters* de densidades variáveis. De uma extrema clareza, *Sea Nymphs* é uma obra fluida onde as suas diferentes secções se encadeiam sem cessar, criando momentos de grande densidade e intensidade musical.

A forma desta obra, obedece a proporções rigorosamente estabelecidas. As suas partes seguem as proporções dos termos da Série de Fibonacci, obedecendo por isso à proporção áurea. A primeira secção da obra, desenrola-se dos compassos 1 a 13 (13 compassos), a segunda dos compassos 14 a 34 (21 compassos), e a terceira dos compassos 34 a

¹⁸ Para coro misto (24 vozes no máximo) e com uma duração de 8 minutos, esta obra baseia-se em textos de *A Tempestade* de William Shakespeare. Teve a sua primeira audição em 16 de Setembro de 1994 pelo coro The BBC Singers em Londres e sob a direcção do maestro Simon Joly.

54 (21 compassos). Cada uma delas subdivide-se em 2 partes, sendo que todas obedecem às proporções dos termos da Série de Fibonacci.

Plano Formal de <i>Sea Nymphs</i>					
54 compassos					
13 compassos		+	21 compassos		+
21 compassos					
5	+	8	8	+	13
8	+	13			
3	+	2	5 + 3	5 + 3	8 + 53 + 5
8	+	5			
		3 + 2	1 + 2 2 + 3	3 + 5	
2 + 3		3 + 5		3 + 2	

Ritmicamente, encontramos um máximo de 4 linhas melódico-rítmicas sobrepostas, compostas por ritmos muito simples, permitindo uma boa compreensão do texto. A textura, homofónica, contribui igualmente para este facto.

A repetição rápida dos fonemas origina um *trémulo*. Associado a ritmos e harmonias próprias aos diferentes registos, produz relevos sonoros de rara beleza tímbrica. O ritmo produz movimentos sonoros nos diferentes naipes, espacializando a massa sonora e o som no espaço circundante.

Nesta obra, Xenakis cria um timbre espacial, um objecto sonoro composto por 6 sopranos, 6 contraltos, 6 tenores e 6 baixos que se desenvolve e transforma, evolui e regenera ao longo de toda a obra.

CONCLUSÃO

Os sons, determinados pelos diferentes parâmetros musicais, definem realidades sonoras que se organizam em estruturas sonoras de complexidade variável que se integram em organizações de ordem superior. A estes diferentes níveis de organização sonora e musical correspondem realidades musicais distintas, que definem desde o simples som, ao agregado sonoro, ideia musical, tema, secção ou parte da obra. Manifestando-se de forma mais ou menos complexa, estas realidades sonoras integram um edifício sonoro mais vasto que é a obra musical. Este edifício contém uma forma própria, que designa não só o género musical como a sua estrutura de base - a forma abstracta da obra¹⁹. Algumas obras contém por vezes proporções definidas e reguladas por estruturas e procedimentos matemáticos ou científicos como é o caso da Secção de Ouro e a Série de Fibonacci.

¹⁹ A forma concreta de uma obra representa a sua configuração global, a sua arquitectura sonora. A forma abstracta designa a sua estrutura interna.

Neste estudo, mostrámos como estes procedimentos podem ser aplicados na concepção formal e conceptual de uma obra. Mostrámos ainda como a forma e os diferentes parâmetros do som podem estar regulamentados por procedimentos ou conceitos extramusicais nomeadamente de natureza científica.

A Secção de Ouro e a Série de Fibonacci, definindo proporções regulam a forma da obra musical, determinando as proporções e a natureza dos seus constituintes. O timbre assim como a organização sonora de base da obra, identifica-as. Nas obras estudadas verificamos que os elementos sonoros reforçam a sua ideia organizativa. O edifício sonoro ergue-se segundo proporções bem definidas, determinadas por conceitos matemáticos.

A natureza do material musical, diferente em cada obra e compositor, representando mundos sonoros e musicais próprios reveste a sua estrutura criando diferentes e diversificadas realidades sonoras. Apoiando-se no número e na proporção, o compositor garante uma ordem escondida para a sua obra e acessível pela análise, pois muitas vezes não é percebida auditivamente. A sua existência revelando-se unicamente pela beleza das proporções da obra em si, do seu edifício e da sua arquitectura sonora, garante a clareza e fluidez formal da obra musical.

Bibliografia

Livros

- BARBAUD, Pierre, *La musique, discipline scientifique*, Edições Dunod, Coleção Science-poche, Paris, 1968.
- BOURGOIS, J., *Entretien avec Xenakis*, Boosey & Hawkes, 1970.
- CHARLES, D., *Gloses sur John Cage*, Union générale d'éditions, Paris, 1978.
- HOWAT, R., *Debussy in proportion, a musical analysis*, Cambridge University Press, Londres, 1983.
- LOCKSPEISER, Ed., *Claude Debussy*, Fayard, Paris, 1980.
- MATOSSIAN, N., *Iannis Xenakis*, Fayard/Fondation Sacem, coleção "Musiciens d'aujourd'hui", Paris, 1981.
- MOREIRA, J., *Física Básica*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1980.
- NEVEUX, M.; Huntley, H., *Le nombre d'or – radiographie d'un mythe. La divine proportion*, Editions du Seuil, Inédit Sciences, Paris, 1995.
- XENAKIS, I., *Musiques Formelles*, La Revue Musicale, Edições Richard-Masse, Paris, 1963.

Partituras

DEBUSSY, Cl., *Suite Bergamasque*

DEBUSSY, Cl., *Complete Préludes*, Dover Publications, inc, New-York, 1989.

XENAKIS, I., *Metastaseis*, Boosey&Hawkes, Londres, 1967 – B&H 19635

XENAKIS, I., *Sea Nymphs*, edições Salabert, Paris, 1994, EAS 19220.

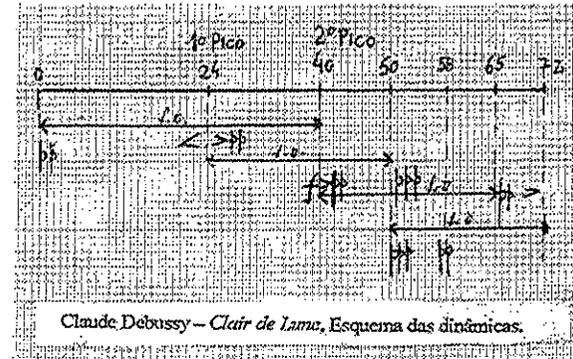
Discografia

DEBUSSY, Cl., *Préludes vol. I*, Deutsche Grammophon, 413 450-2 GH.

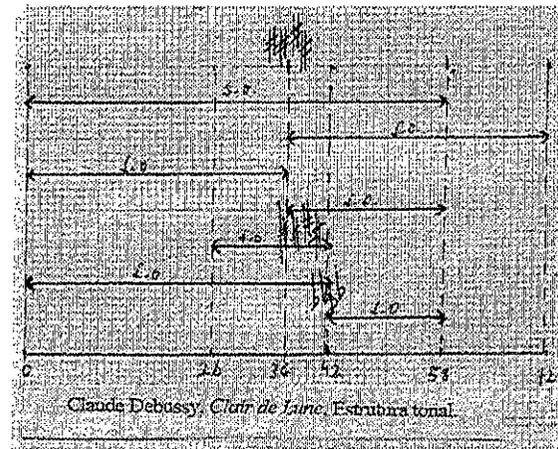
DEBUSSY, Cl., *Suite Bergamasque*, EMI classics, CDC 754 451 2.

XENAKIS, I., *Metastaseis*, Le chant du Monde, LDX 78368.

XENAKIS, I., *Sea Nymphs*, cassette promoção Editions Salabert.



Exemplo 1



Exemplo 2

Musical score for Exemplo 3, Debussy's "Voiles". The score is written for piano and consists of five systems of two staves each. The first system features a melody in the right hand with a *ppp* dynamic. The second system includes the instruction "Serrrez". The third system contains "Cédez" and "En animant". The fourth system includes "Emporte" and "Cédez". The fifth system is marked "Très ralenti" and includes "cresc.", "molto", and "molto". The score concludes with "Fin" and "ppp".

Exemplo 3

Debussy, Claude, "Voiles", Préludes (1° caderno), Dover Publications

Musical score for Exemplo 4, Debussy's "Voiles". The score is written for piano and consists of six systems of two staves each. The first system is marked "au Mouvement" and includes "Crescendo et Allargando". The second system includes "Crescendo et Allargando". The third system includes "Crescendo et Allargando". The fourth system includes "Crescendo et Allargando". The fifth system includes "Très apaisé et très attendu jusqu'à la fin". The sixth system includes "Très apaisé et très attendu jusqu'à la fin". The score concludes with "Fin" and "ppp".

Exemplo 4

Debussy, Claude, "Voiles", Préludes (1° caderno), Dover Publications

