

- cinema* 1 (1-3): 45-8, 62-5, 51-4.
- (1946) Notes sur l'expression radiophonique. *Machines à communiquer: I. Genèse des simulacres*. Paris: Seuil, 1970.
- (1950) Introduction à la musique concrète. *Polyphonie* 6: 30-52.
- (1952) *À la recherche d'une musique concrète*. Paris: Seuil.
- (1953) Vers une musique expérimentale. In Pierre Schaeffer ed. 1957, *Revue musicale* 236: 11-27.
- (1957) Lettre à Albert Richard. In Pierre Schaeffer ed. 1957, *Revue musicale* 236: iii-xvi.
- (1960) Note on Time Relationships. *Gravesaner Blätter* 17: 41-77.
- (1966) *Traité des objets musicaux: essai interdisciplines*. Paris: Seuil, 1977 (enlarged reprint).
- (1969) *Réflexions de Pierre Schaeffer*. In Sophie Brunet 1969.
- Schaeffer, P. and Mâche, F.-B. eds. (1959) *La revue musicale* 244.
- Schafer, M. (1977) *The Tuning of the World*. New York: Knopf.
- Simondon, G. (1958) *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris: Aubier, 1989 (iii).
- Smalley, D. (1986) Spectro-morphology and Structuring Processes. In Simon Emmerson ed. 1986, *The Language of Electroacoustic Music*. London: Macmillan.
- Spengler, O. (1931) *Der Mensch und die Technik: Beitrage zu einer Philosophie des Lebens*. München: Beck'sche.
- Stefani, G. ed. (1975) *Actes du Premier Congrès International de Sémiotique Musicale*. Pesaro: Centro di Iniziativa Culturale.

## Música Fractal: As novas tecnologias da musica contemporânea

**Frederico Richter (Frerídio)\***

Universidade Federal de Santa Maria  
Prédio 40 (CAL), 1º Andar, s. 1211  
Campus da UFSM, Faixa de Camobi, Km 09 -  
97119-900 - Santa Maria - RS - Brasil

### Resumo

Este artigo trata da aplicação de sons fractais na composição musical e a compatibilização de estruturas novas com as já existentes. Apresenta, ainda, uma análise de obras fractais e os caminhos seguidos por elas.

### 1 - Os Fractais: uma análise estética e histórico-científica

Música e cálculo sempre andaram juntos desde a antiguidade. A teoria musical, a composição e a construção de instrumentos derivam de leis da física e da matemática, segundo David Ernst(1977). Béla Bartok usou a Seção Áurea para a *gestalt* de suas obras (*gestalt* entendida como forma e conteúdo interno- sugerimos que seja usada a palavra **contextura**, em lingua portuguesa). A tendência de usar a ciência para estruturar criações, sejam de música ou das artes em geral, sempre existiu. Benjamin Boretz e Edward T. Cone (1971) escreveram que não se pode ignorar os compositores que pesquisaram e ainda pesquisam nos Estados Unidos, tais como Milton Babbitt, J.K. Randal e Arthur Berger. Todos estudaram exaustivamente os sistemas de 12 sons e especialmente as obras de Schönberg onde a aplicação numeral é marcante e foi estendida por estes compositores para cálculos mais complexos. Os mesmos autores dizem que, durante os últimos 50 anos, houve várias tentativas, na teoria musical, cientificamente orientadas mostrando o caminho do futuro ao compositor e ajudando-o a encontrar uma base firme no período de caos que seguiu à desintegração da escala maior e menor (sistema tonal) no começo deste século. Esses autores falam da existência de um movimento para Quarteto de Cordas de Joseph Haydn, composto em seu comprimento (duração) conforme as proporções da Seção Áurea. Neste século, novos meios emergiram e novas estéticas advindas da Ciência (física), Tecnologia (computador e informática) e da Matemática (proporções e domínio racional) surgiram. Entre elas, as teorias da não linearidade: em conseqüência, a física não linear em contraposição à física tradicional, a Geometria Fractal em contraposição à Geometria Euclidiana e a Tecnologia de Ponta em contraposição à Tecnologia Mecanicista. Disto tudo, o mais importante foi o desenvolvimento do computador. Este acelerando científico influenciou todas as manifestações culturais do homem. E a Música Fractal também necessita para seus cálculos recursivos de velocidade, portanto do computador (gráfico). Há dois aspetos a considerar a respeito dos fractais:

1º aspecto: o científico, o da matemática, da física não linear e campos correlatos (interdisciplinares).

2º aspecto: o estético, escondido nas formulações teóricas e que nos é revelado pelo computador gráfico - este é o aspecto que pode e deve ser empregado e utilizado pelas artes.

Quando analisamos nas artes o 1º aspecto, o científico, vemos que as artes em todos os tempos estiveram atreladas à física e a cálculos: na acústica e nas cores, à física; nas tintas, à química etc.. As ciências exatas sempre serviram as artes com standars de precisão. A Geometria Euclidiana, foi empregada por pintores e artistas plásticos para limitar o espaço em suas criações (círculos, quadrados e outras formas geométricas artificiais que praticamente não existem na natureza).

Na Geometria Fractal, denominada por Benoit Mandelbrot (1983) de Geometria da Natureza e que tem uma grande beleza, temos a medição das coisas da natureza, as plantas, as nuvens, as costas dos mares e rios etc.. É a descoberta e a proclamação de uma nova estética (Peitgen, *The Beauty of Fractals*, 1986). Suas qualidades são a auto-similaridade, a medição do grande e do pequeno, a expressão do caótico ou do **Caos** que tem uma ordem que se expressa em "ordem-desordem-ordem-desordem" o que é, em si, uma ordem.

**Não somos matematicos nem cientistas, somos artistas e compositores.** E isto é importante de ser dito, de vez que **não temos todas as respostas** e provavelmente nunca as teremos todas juntas. Não manejamos os cálculos precisamente, deixamo-los à vontade - mais musicalmente, "ad libitum" - de conformidade com o que acontece com líquidos que, acelerados, têm vontade própria e imprevisibilidade, conforme foi demonstrado pelo físico Lorenz em seus estudos. **Imprevisibilidade** e **Chance** vem sendo pesquisados desde Yannis Xenakis e pela música aleatória. O que fazemos: respeitamos esta imprevisibilidade, tiramos proveito dela e, acima de tudo, seguimos a grande linha composicional expansiva do passado para desvendar o futuro. O presente são as obras que ficam.

## 2 - Música fractal - o manejo dos novos meios expressivos

A música fractal veio ao nosso encontro através dos livros de Mandelbrot. Ficamos fascinados com o mundo novo que se abria. E, começamos a estudar e ler a respeito. Assim, chegamos ao pragmatismo de realizar algo em música, estudos, pesquisas, música experimental e obras que consideramos definitivas, dentro dos meios expressivos novos e caóticos.

Dentre os artigos sobre música fractal que lemos, chamou-nos a atenção a maneira como os pesquisadores encaram esta música fractal. Para discutir isto, e descrever o que fazemos, queremos analisar um destes artigos. Este artigo é um referencial, dentre outros, porque o autor foi diretamente influenciado por Benoit Mandelbrot. Foi publicado pelo "Computer Music Journal" e se intitula PROFILE: A MUSICAL FRACTAL de Charles Dodge do Brooklyn College da City University of New York (1988). Após uma breve introdução, o autor propõe dois aspectos para o uso de algoritmos: o primeiro é um programa que deve dar parâmetros da música e o segundo, um método para qualificar fractais, tais como

"Wiggly", "Hydralike" e "Wrinkled"; são a essência do comportamento caótico. Está descrito em diversos escritos de físicos que tratam o assunto, dentre eles o próprio Mandelbrot. Faz, ainda, considerações sobre formas fractais, estruturas amorfas etc..

"Floco de Neve" de Koch é usado por Dodge para estruturar sua obra Profile, como ponto inicial. Parte do *1/f noise* (ruído 1/f) algoritmo citando os *white noise* (ruído branco) e *brownian noise* (ruído browniano). A auto-similaridade na constituição destes ruídos, em sua densidade, o atrai - após, começa a descrever uma coleção cromática de notas. O número exato de notas é determinado estocasticamente pelo compositor em pitch-classes dentro das quais gira o aleatório onde o unísono e a oitava são previamente encorajados. O autor cria uma série de sons repetidos ou não, que são mostrados. Em Profile ele imita a forma dos flocos de neve de Koch através de 3 linhas musicais. São realizados cálculos precisos de multiplicação por um tempo constante etc.. O artigo detalha como o autor "civiliza" o caótico para construir uma peça que, a nosso ver, dificilmente terá as características de um comportamento caótico. É um bom método para fazer música nova, nossa dúvida está em designá-la caótica após tantos preparos, métodos e procedimentos manipulatórios afetando os parâmetros básicos do caótico. Por definição, o caótico é imprevisível e como tal deveria ser tratado. Se tirarmos dele esta qualidade, a auto-similaridade de *per se* não é suficiente para caracterizar o fractal. Uma constante produz auto-similaridade sempre. Esta abordagem do autor parece-nos um contraponto com regras novas e primitivas como no início do contraponto tradicional que depois se abriu num leque espiralado através dos séculos, cada vez mais complexo. A Ars Nova já tinha seu próprio aleatório através da *iso-rítmia*. Pensamos que o caótico não pode ser freiado: se freiado torna-se não caótico, normal. Sabemos que existem fractais determinísticos. Estes não nos interessam, e não cremos que sejam úteis para uma aplicação nova da tecnologia fractal em música. O uso destes fractais deterministas pode produzir equívocos. O novo deve ser inequívoco.

Do mesmo modo, consideramos que a composição musical fractal não se diferencia dos outros métodos composicionais do passado. A grande diferença está nos novos meios utilizados e, estes sim, devem ser respeitados em seus parâmetros fundamentais: imprevisibilidade, auto-similaridade e não-linearidade. Para isto devemos evitar os fractais deterministas.

## 3 - Procedimentos composicionais - a estética

Desde os inícios de nosso século vinte já a findar, o Futurismo, com todos os seus aspectos, influenciou o mundo para gerar uma nova ordem estética, moral e ética. Usou para isto, o caos, a anarquia, a propaganda, a agressividade, a política, a guerra, a moda e todos os meios que pode inclusive, o fascismo. As *antinomias* estavam no ar, elas queriam e precisavam de seu espaço para o que se julgava necessário para a continuidade e progresso da arte.

As antinomias são procedimentos contrários - se isto é moralmente belo, o contrário seria o indicado de agora em diante. Nas artes aconteceu o mesmo. Na música, surge a "orquestra"

ideal: o modelo seria o *intonarumori* de Russollo e a orquestra seria de ruidos, tosses, espirros, explosões etc.. Os Manifestos Técnicos mostram que, além da política, se queria usar também as ciências para justificar as *antitudo*. Na composição musical, em sua criação, tentou-se introduzir uma estética agressiva e contrária a tudo o que se fazia antes. Esta atitude teve, na verdade, alguns frutos bons e muito frutos máus.

Simplesmente fazer o contrário de uma coisa já existente, é *plagiar e não criar o novo*. Pode ser um critério, mas, nos parece muito simplista. A continuidade da música não exigiu tal radicalismo.

Futurismo, com seus manifestos técnicos e sua crua insensibilidade queria justificativas na ciência para uma estética fria, calculista e, naturalmente nova. A ciência não se intimidou. Deu uma nova estética para o mundo, um novo conceito de beleza baseado em cálculos e usou o caos (usado pelo Futurismo realista e equivocadamente, fazendo o que, vulgarmente, chamamos mesmo de caos), de uma maneira científica, nova e até o justificou. Esta ciência, que sempre esteve presente nas artes, também desta vez, não se omitiu: revelou-nos os FRACTAIS e suas belezas incríveis. Isto gerou uma nova estética bem superior àquela estética gerada por “ideais” bastante questionáveis do chamado Futurismo Italiano. O século XX, iniciado por guerras, parece que vai findar em paz.

#### 4 - Monumenta Fractalis - Thomas : detalhamento na construção desta obra musical.

Esta obra foi escrita em 1991 para órgão de tubos e fita magnética. É uma homenagem a Thomas Tallis, compositor inglês do século XVI e conecta o estilo fractal ao estilo gótico-flamengo de Tallis. Utilizamos programas em **Basic** para gerar as estruturas fractais. As manipulações destas estruturas sonoras foram compatíveis com os parâmetros caóticos e não-lineares e se destinaram somente para diminuir a velocidade com que as estruturas surgem, pois, é difícil fazer música com esses sons fugidios e rápidos. É possível diminuir a velocidade mudando números nos algoritmos. E isto não altera as estruturas dos fractais. Apenas aumenta sua duração de forma inversamente proporcional: mais velocidade, diminui a duração, menos velocidade, aumenta a duração.

Procuramos analogias estruturais entre o fazer composicional do passado e as manifestações sonoras dos algoritmos e descobrimos, por exemplo, traços de iso-ritmias na música de Thomas Tallis, que deram unidade ao seu pensamento musical. Por outro lado, o cadenciamento apresentado no Coral - “Se me amas, guarda os meus mandamentos” foi transferido para as estruturas fractais, surgindo assim, um cadenciamento novo, às vezes, com uma nota só, repetida, propiciando-nos transmitir algo coerente dentro da estruturação composicional universal. Ainda no terreno das analogias com o Coral de Thomas Tallis, fizemos um coral com vozes fractais. Neste momento a música fractal aparece sozinha, dando o clima do novo.

Para finalizar a peça, o órgão faz comentários musicais sobre o conteúdo da fita magnética (fractal) : mais um vínculo entre as duas estéticas. Assim, procuramos unir o século XVI ao

século XX, quasi XXI. Para o ouvinte, embora a distância de séculos, fica a coerência na semelhança das estruturas.

#### 5 - Procedimento construtivos

Usamos um Programa Basic para que o computador nos desse resultados em frequências musicais. Em *natura*, aparentemente, os fractais musicais não são aproveitáveis. Como já dissemos, precisamos manipulá-los para que o ouvido humano possa “digeri-los”, isto é, possa assimilá-los, levá-los à nossa mente para serem compreendidos. O belo, o estético, precisa de uma compreensão superior da mente. E esta compreensão é uma das funções superiores do homem. Nosso procedimento em relação aos sons fractais foi, torná-los acessíveis para a compreensão auditiva. A primeira coisa para isto, é **diminuir a velocidade de sua aparição no tempo**. Com isto se consegue penetrar na construção e na arquitetura destes sons rapidíssimos. E mais material em sua extensão, porque os sons são mais longos. O resultado é que podemos usar menos material real. O que é bom, pois, traz em si, uma regra fundamental de construção: **a economia de meios**.

passo seguinte: uma análise técnica do material e suas possibilidades de aproveitamento em uma obra de arte. Para isto foi necessária, uma análise estética. Nós queríamos conjugar, numa simbiose, meios tradicionais, com meios não tradicionais. Isto não significa arte tradicional, apenas usamos técnicas já conhecidas, não necessariamente tradicionais. Unimos o órgão ao computador, ou melhor, aos seus resultados. Resultados com resultados, precisou-se do uso e da inevitabilidade de novos meios para esta anunciada simbiose. Aí, entram as **analogias estruturais entre o fazer composicional do passado** e, os novos meios que usamos. Unir a trilha sonora fractal com a trilha sonora do órgão, a primeira numa fita magnética e a segunda em partitura a ser recriada pelo organista foi uma tarefa de criação extremamente complexa. Usamos técnicas de minutagem para sincronizar as duas fontes sonoras o que exige precisão. Usamos as analogias estruturais que compreendem forma e conteúdo. Precisamos de três gravadores e um mixer para realizar a trilha fractal. As fontes fractais foram diversas. Tínhamos trilhas com diversos **modos**: classificamos estes modos em modos mais calmos, mais turbulentos, mais lentos, mais rápidos, tudo subordinado à nossa visão estética em face da trilha do órgão já feita em estilo próprio, impregnado do estilo de Thomas Tallis. Dentro das analogias, construímos a obra como se constrói uma obra em todos os tempos. Por exemplo, as cadências: é quando a obra respira e o ouvido “diger” o que ouve. As pausas tem a mesma função. Assim, construímos esta obra, como se faz em composição musical. O ouvido nos foi um guia para evitar repetições desnecessárias, acúmulo de sons que poderiam desagradar. Afinal, o bom gosto deve estar presente em qualquer obra de arte. O executante realiza a sua partitura ouvindo a fita magnética com a trilha fractal. Introduzimos “compassos de suspensão”, como fermatas. Possibilitam ao organista a eventual espera e/ou resincronização com a fita.

## 6 - Referências bibliográficas

- BERNARDINI, Aurora Fornoni. Org. O Futurismo Italiano. São Paulo: Editora Perspectiva, 1980.
- BORETZ, B. e CONE, E.T. Perspectives on American Composers. New York: W.W. Norton, 1971.
- COPE, David. New Music Composition. New York: Macmillan Publishing, 1977.
- DODGE, Charles. Profile: A Musical Fractal. In: Computer Music Journal. Vol.12, nº3, Fall 1988, pp10-14.
- ERNST, David. The Evolution of Electronic Music. New York: Schirmer Books, 1977.
- GLEICK, James, Caos-A Criação de uma Nova Ciência, Editora Canpus, Rio de Janeiro, 1988.
- MANDELBROT, Benoit. The Fractal Geometry of Nature. New York: Freeman W.H. Company, 1983.
- PEITGEN, H.-O. e RICHTER, P.H. The Beauty of Fractals. Berlin: Springer Verlag, 1986.
- PEITGEN, H.-O. e SAUTE, D. Editors. The Science of Fractal Images. New York: Springer Verlag, 1988.
- SCHAEFFER, Pierre. Tratado dos Objetos Musicais. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993.
- SCHOENBERG, Arnold. Fundamentals of Musical Composition. London: Gerald Strang & Leonard Stein-Faber and Faber, 1977.
- SCHWENK, Theodor. Das Sensible Chaos. GmbH Stuttgart: Verlag Freies Geistesleben, 1962.
- TISDALL, Caroline e BOZZOLA, Angelo. Futurism. Singapura: Thames and Hudson, 1996.

## Uma Representação de Conhecimento em Harmonia Musical

LUCIÊNIO DE MACÊDO TEIXEIRA

*Departamento de Artes / Laboratório de Informática Aplicada às Artes – CH-UFPB*  
lucienio@liaa.ch.ufpb.br

EDILSON FERNEDA

*Departamento de Sistemas e Computação – CCT-UFPB*  
edilson@dsc.ufpb.br

EVANDRO DE BARROS COSTA

*Departamento de Informática e Matemática Aplicada – CCEN-UFAL*  
ebc@fapeal.br

CCT/UFPB – Caixa Postal 10.090  
58.109-970 Campina Grande, PB

**Abstract:** The lack of knowledge representation in the domain of teaching musical harmony is the main motivation for the present paper. As a strategy, in the paper we begin by evaluating that material traditionally used in teaching Harmony such as specific exercises, formal concepts, etc with the aim of enlarging the common representation of concepts, objects, and structures found in this domain. Some considerations on the formal knowledge representation are discussed in the paper. Finally, a general structure for musical concepts or objects is presented including their relationships

## 1 Introdução

Na busca de ferramentas para o suporte às atividades ligadas ao domínio da Música, diversos sistemas computacionais têm sido desenvolvidos, notadamente aplicações voltadas para a Teoria Musical, tais como sistemas de notação musical, reconhecimento de partituras, sistemas de análise, sistemas tutoriais e sistemas de composição.

Nesta perspectiva, o projeto no qual se insere este trabalho visa o desenvolvi-