

## *Sotto Voce*

# **Fragmentação de contextos perceptivos na estruturação de instrumentos de música digitais**

Paulo Ferreira-Lopes

Z.K.M. | Zentrum für Kunst und Medientechnologie - Lorenzstr 19 , 76135 Karlsruhe – Germany  
CITAR | Centro Investigação Ciências e Tecnologias das Artes – Universidade Católica Portuguesa  
Rua Diogo Botelho, 1327, 4169-005 - Porto Portugal

*Abstract — Neste artigo descrevemos os processos de desenvolvimento e de implementação de um instrumento de música digital bem como as correlações e tipologias de interação entre a classe de instrumentos de música digitais e instrumentos de música tradicionais. Descrevemos, igualmente, as aplicações deste instrumento e alguns dos procedimentos musicais usados na composição de Sotto Voce, uma composição para violoncelo e electrónica em directo. Destacamos o modelo de espacialização, baseado na desconstrução de realidades acústicas e na articulação entre os paradoxos gerados, bem como as aplicações do conceito de réplica do instrumento de música digital.*

*Palavras Chave — Construção de instrumentos de música. Difusão espacial do som. Métodos de filtragem.*

### I. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, o computador e as tecnologias digitais têm acelerado ou introduzido novos mecanismos na realização de processos múltiplos. As formas de expressão artísticas têm desde muito cedo adoptado quer ao nível da produção que ao nível da criação as tecnologias digitais como ferramentas muito poderosas. No caso da interpretação musical, uma forma de expressão fortemente dependente do tempo e da sua irreversibilidade, a introdução das tecnologias digitais aportam conceitos e remetem para universos completamente novos face ao mundo analógico. A facilidade de duplicação de informação, objectos, processos, etc., associados ao digital, introduz o conceito da replicação em tempo real [7]. No âmbito da construção de instrumento de música digitas [5], o conceito de replicação permite desenvolver características bastante singulares ao nível da percepção. Entre outros aspectos, a replicação permite associar ao instrumento global modelos de difusão acústicos (espacialização) como forma de geração de novas dimensões ou paradoxos acústicos.

### II. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

Durante o ano de 2001, iniciámos a primeira fase de realização do projecto *Sotto Voce*, tendo como objectivo global a construção de um instrumento de música digital de complexidade e âmbito musical semelhantes aos de um instrumento de música tradicional, tanto no âmbito dos acessos e controladores do instrumento como no âmbito dos módulos de geração de som. Os acessos e controladores do instrumento, são concebidos segundo um modelo misto. Este modelo permite que os controladores do instrumento sejam repartidos por mais do que um interveniente (instrumentos tradicionais e computador), possibilitando a introdução do conceito de *cooperação* múltipla [10]. O módulo de geração de som, tem como característica principal a apropriação da massa acústica de instrumentos de música tradicionais. Esta, depois de transformada, é integrada na estrutura do instrumento como sendo a sua própria fonte geradora de som. Simultaneamente, este módulo possui um utilitário que permite difundir a massa acústica em formato multicanal (4 canais) visando a introdução do conceito de *replicação* de instrumentos [3]

### III. IMPLEMENTAÇÃO DO INSTRUMENTO

#### III . 1 MODELOS E NÍVEIS DE GERAÇÃO DE SOM DO INSTRUMENTO

O protótipo deste instrumento distribui o módulo gerador de som por diferentes níveis. Cada um destes níveis representa um limiar de significações associadas e interligadas aos diferentes tipos de tratamentos ( fig. 1)

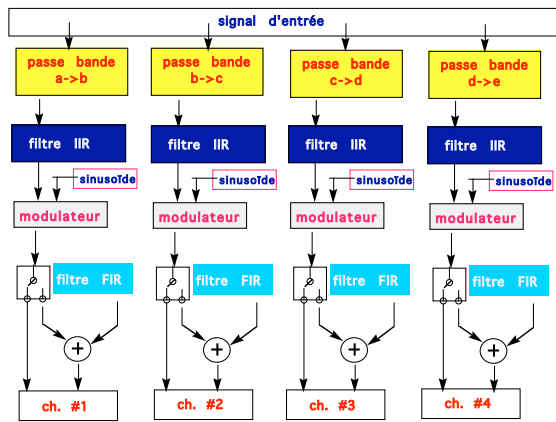


fig. 1

diferentes níveis de tratamento

O primeiro nível é composto por um conjunto de filtros passa banda (Fig. 2 -). Este conjunto de quatro filtros tem como finalidade principal, operar a divisão espectral do sinal de entrada.

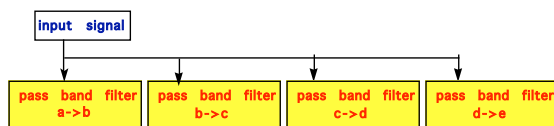


Fig. 2 -

gerador de som: 1º nível: filtros passa-banda

O segundo nível é constituído por um algoritmo de tratamento de sinal baseado em dois filtros (FIR e IIR) e um modulador do sinal (fig. 3). Este nível tem como finalidade adicionar complexidade ao sinal através da combinação de diferentes processos de tratamento. Este algoritmo resulta da implementação de um método que apelidamos de filtragem por modulação espectral (SMF - Spectral Modulation Filtering) e é, essencialmente, estruturado com base em filtros IIR e FIR. Estes estão associados em paralelo sendo o sinal processado pelo filtro IIR sujeito a um processo intermédio de modulação espectral.

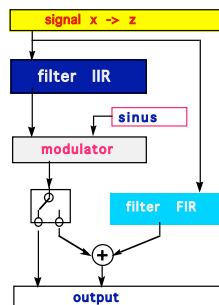


fig. 3

gerador de som: 2º nível : filtros IIR-FIR

O princípio geral da SMF, é inspirado no modelo de SERRA [6] : síntese por modulação espectral (SMS). Todavia, no segmento intermédio do módulo correspondente à re-síntese do espectro filtrado, introduzimos uma modulação em anel (fig. 4). A capacidade de resposta complexa dos filtros FIR e IIR [1] e as necessidades de computação reduzidas, conduzem a possibilidades de tratamento espectral quase ilimitadas. Neste domínio devemos ainda acrescentar que um trabalho de conjugação entre os dois filtros permite delimitar um espectro a regiões ínfimas possibilitando desta forma operações de convolução do sinal bastante precisas. Por outro lado, a introdução de um modulador permite efectuar de forma combinada com o filtro IIR operações de modulação de regiões do espectro previamente delimitadas pelo filtro. O processo de modulação espectral, situado num nível intermédio da estrutura global do algoritmo, consiste na intercepção do sinal por uma modulação em anel (fig. 4) com uma funcionalidade particular : a interpolação temporal do sinal (senoide) multiplicador do espectro. Este processo é empregue num âmbito diferente do usualmente utilizado para a modulação em anel. A utilização de frequências de referência acima dos 200Hz permite introduzir no processo global de difusão do sinal efeitos de deslocação micro temporal e de afectação da fase.

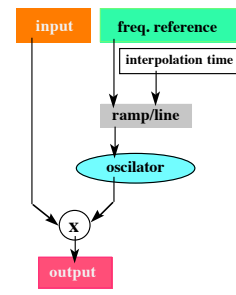


fig. 4

gerador de som: 3º nível : modulador do sinal

### III.2 MODOS DE ACESSO E MODELOS DOS CONTROLADORES DO INSTRUMENTO

Os modos de acesso e de controlo do instrumento constituem o interface de contextualização das relações entre o instrumento de música tradicional e o instrumento de música digital. No caso do nosso protótipo, os modos de interligação entre o instrumento tradicional, e o instrumento digital bem como os modelos de acesso aos controlos de comando do instrumento digital são divididos em duas classes. Na primeira classe a interacção entre o instrumento de música tradicional e o instrumento de música digital é baseada numa tipologia discreta [4]. Esta classe é baseada num dispositivo constituído por linhas de comando (linha de texto) agrupadas segundo

uma hierarquia pré-estabelecida e contendo múltiplas mensagens. Esta dispositivo permite afectar de forma simultânea todos os parâmetros de regulação e controlo, os coeficientes dos filtros, etc., do instrumento digital através de uma impulsão. A excitação da impulsão é realizada por um controlador exterior através de uma implementação de mensagens MIDI. Durante o processo de implementação dos acessos do instrumento, utilizamos um pedal MIDI. Através da porta série, este pedal controla um algoritmo (fig. 5) que incrementa sequencialmente números associados a listas de parâmetros. Tendo em conta que o pedal MIDI não é um objecto comum a todos os instrumentos de música tradicional, incluímos outras alternativas como forma de controlo do instrumento de música digital.

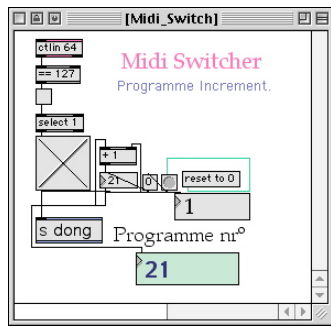


fig. 5

algoritmo de controlo do pedal MIDI.

A segunda classe de interligação e de acesso ao controlos de comando do instrumento digital é baseada numa tipologia não-discreta. Esta classe permite ao instrumentista (através do seu instrumento) controlar o primeiro nível da modulo gerador de som (filtros passa banda). Desta forma torna-se possível efectuar o recorte espectral do sinal de um instrumento de musica tradicional baseado na evolução temporal de uma envolvente dinâmica (*envelope*) associada a uma figura longa. A partir de uma função de análise baseada numa transformada de Fourier (fig. 6), é possível traçar as variações (em função do eixo temporal) das envolventes de amplitude.

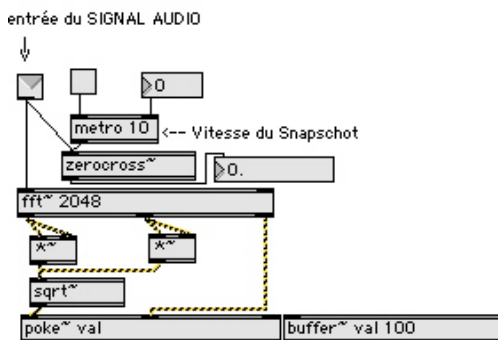


fig. 6

módulo de análise do sinal

Este processo permite obter informações sobre a variação da dinâmica e modos de ataque resultantes da interpretação de um dado segmento musical. Os valores das envolventes são descritos através de coeficientes capturados através da função [peek~ val] (fig. 7).

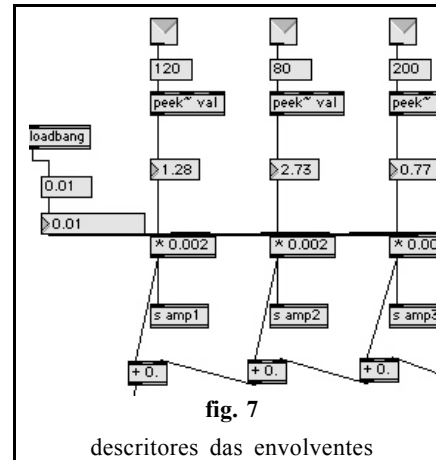
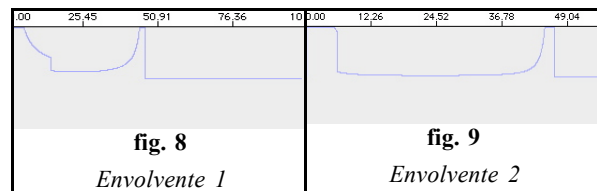


fig. 7

descritores das envolventes

O numero de coeficientes pode variar em função do grau de precisão segundo o qual se deseje representar as envolventes. A visualização das envolventes pode ser feita através das funções de memória temporal dos parâmetros destas (fig. 8 e fig. 9).



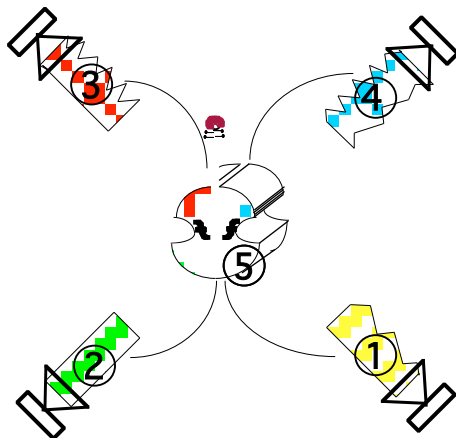
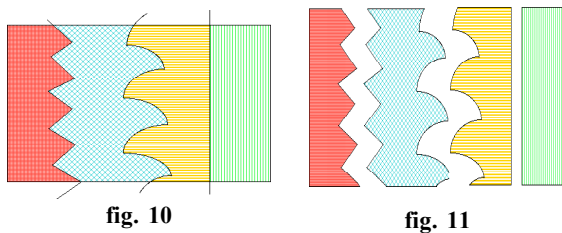
### III. 3. APLICAÇÕES

A operação de filtragem, associada ao primeiro nível do modulo de geração de som, observada numa perspectiva geral, permite de forma imediata gerar de forma simplificada quatro fontes de som<sup>1</sup>. Todavia a magnitude desta operação produz diversas significações dependendo do tipo de procedimento e contextualização a efectuar no segundo nível.

<sup>1</sup> - A estrutura do módulo de geração de som é concebida de forma inversa, relativamente ao conceito generalizado de instrumento de música digital. Pois no conceito generalizado a operação de divisão do sinal encontra-se invariavelmente associado aos métodos de difusão do sinal, ou seja o modulo final do gerador de som.

As quatro fontes de som resultantes da operação de filtragem inicial podem corresponder a:

- quatro fontes em si mesmo (fig. 10);
- quatro entidades autónomas recortadas a partir de um espectro inicial (fig. 11);
- quatro *pseudoréplicas* dum instrumento inicial (fig. 12);
- uma entidade sonora complexa, que dependendo método de difusão espacial, do posicionamento das fontes de difusão (altifalantes) ou das operações de deslocação de fase, poderá produzir efeitos complexos de deslocação e movimentação espacial de massas acústicas.



#### IV. SOTTO VOCE IV.1. DESCRIÇÃO GERAL

*Sotto-Voce*, para violoncelo e « *live electronics* » utiliza de forma intensiva todas as possibilidades do instrumento previamente descrito (fig. 13). O princípio fundamental que preside à concepção desta obra assenta essencialmente num processo global de fragmentação de contextos perceptivos. Este processo de fragmentação é efectuado pelo instrumento digital através da projecção de quatro universos autónomos (cada canal áudio) como disjunções materiais realizadas e transformadas a partir de uma unidade inicial constituída pelo instrumento de música tradicional (fig. 12). Estas disjunções, isoladas dos seu universo inicial e

ouvidas de forma separada, num contexto de isolamento de cada uma das partes, conduzem a uma dimensão que tende para a anulação da causalidade do contexto instrumental (o violoncelo).

As propriedades principais deste primeiro nível transformacional, são baseadas nas operações de recorte espectral em quatro tranches através dos filtros passa banda, reenviando estas tranches para o espaço sob forma de quatro fontes independentes. Tendo em conta que este nível não encerra todas as modalidades de transformação e de processamento de sinal do instrumento de música digital, deveremos assim ver este primeiro nível como uma fronteira ou como o modelo de delimitação espacial do material sonoro inicial, das qualidades transformacionais deste material bem como dos contextos e da emergência [8] dos elementos que se destaquem por entre a individualidade de cada um dos universos recuperados em cada tranche espectral. As interações inerentes ao processo anteriormente descrito, são determinadas pelas características dos filtros FIR e IIR que permitem a recombinação e múltiplas configurações internas no domínio *tempo-frequência*, bem como assimetrias *microtemporais* nas correlações do sinal [7]. A acoplagem dos filtros e as diferentes configurações a estes associadas, combinados de forma minuciosa com o sinal original do violoncelo e com os processo de modulação de diferentes estratos espectrais, conduzem a uma difusão da massas acústica organizada em diferentes níveis espaciais e perceptivos.

O trabalho de composição segue um percurso de redução progressiva das escalas temporais, através do qual é possível estabelecer uma nova formulação da extensão *microlocal* da matéria sonora. Começando pela operação de recorte do material inicial (o sinal do violoncelo) sob uma dimensão de macro escala, a clivagem desta matéria, ainda portadora de uma causalidade inerente, permite chegar a quatro novos universos. Através deste processo realizamos uma aproximação gradual a escalas mais reduzidas e de características não lineares com o intuito de atingir uma substância materialmente distanciada da inicial. Desta forma, e ao longo dos diferentes processos transformacionais, a substância sonora vai apresentando e evoluindo para novas configuração morfológicas e novas formas de distribuição espacial, produzidas graças ao fraccionamento de energias associadas à massa espectral de cada uma das morfologias.

#### IV.2. CONTROLO GLOBAL

A versão deste instrumento de música digital para a obra *Sotto-Voce* contempla a presença simultânea do violoncelista e do compositor no que respeita ao controlo global. Assim, violoncelista e compositor, violoncelo e computador, operam minuciosamente uma partitura pré estabelecida, sob forma de um processo cooperativo [10].

Ao longo deste processo a tarefa do compositor reside principalmente na manipulação directa dos comandos locais do instrumento de música digital. A tarefa do violoncelista, consiste essencialmente numa manipulação normalmente deslocada no eixo temporal, através da análise do parâmetro dinâmica que vai sendo adquirido e armazenado em tempo real. Os dados adquiridos entre diferentes estratos temporais permitem anular a causalidade directa resultante do gesto musical ou do resultado sonoro produzido pelo instrumento de música tradicional. Por outro lado este processo de deslocalização temporal impele o interprete a desenvolver uma percepção específica, onde as consequências globais das suas acções não se limitam à dicotomia imposta pelo conceito: *se faço “a” o resultado será “b”*. Este processo contraria assim toda a tendência para uma atitude de orientação por estereótipos de automatismos/realidades não conscientes [9], obrigando o intérprete ao estudo das significações de determinados conceitos de interacção e correlação entre instrumento de música tradicional e instrumento de música digital.

## VI. CONCLUSÃO

Apoiados, sobretudo, numa reflexão artística, demonstrámos, ao longo deste artigo, o impacto que um conceito como o digital tem na estruturação de uma obra e dos utensílios que permitem alcançar a sua materialização e reprodução. Tirando partido de uma tecnologia e dos conceitos a ela associados, como duplicação, cópia, réplica, etc., seguimos ao longo da realização deste projecto uma metodologia de produção de ferramentas e de instrumentos baseada em conceitos como réplica em tempo real e cooperação, entre outros. Este processo permitiu-nos alcançar um resultado revelador da complexidade habitual que a construção de um instrumento pode adquirir sempre que se articula uma tecnologia com uma forma de expressão artística. Neste sentido, aquilo que se coloca como problemática central não é tanto a aplicação e articulação da tecnologia em si mesma, mas sim o virtuosismo decorrente da execução do instrumento aquando da materialização da obra musical. Este virtuosismo, transposto para aspectos como os modos de acesso e controle do instrumento de música digital conduzem,

naturalmente, não só a uma reformulação de uma teoria da interacção mas também da condição do próprio instrumento [6], ao reconhecer-lhe o estatuto de «quase instrumento de concerto».

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia de Lisboa e do ZKM | Zentrum für Kunst und Medientechnologie - Institut für Musik und Akustik de Karlsruhe. Agradecimento ao António de Sousa Dias pela revisão deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- [1] **DODGE, C. and JERSE, T.A.** ; *Computer Music – Synthesis Composition and Performance* ; New York : Schirmer Books ; 1985
- [2] **FERREIRA-LOPES, P.** ; *Rapport de Recherche – Karlsruhe : Zentrum für Kunst und Medientechnologie / Fundação Ciência & Tecnologia; 2000.*  
<http://www.ima.zkm.de/~pfl/publications3/rap00.html#2.1.2>
- [3] **FERREIRA-LOPES, P.** ; *Rapport de Recherche – Karlsruhe : Zentrum für Kunst und Medientechnologie / Fundação Ciência & Tecnologia; 2001.*  
<http://www.ima.zkm.de/~pfl/publications6/rap01.html>
- [4] **FERREIRA-LOPES, P.** ; *Étude de modèles interactifs et d'interfaces de contrôle en temps réel pour la composition musicale.* Thèse de Doctorat ; Paris ; Université de Saint Denis - Paris VIII - Dép. de Sciences et Technologies des Arts, 2004.
- [5] **MACHOVER, T. and CHUNG, J.** ; “Hyperinstruments : Musically intelligent and interactive performance and creativity systems” in Proceedings of the Computer Music Conference (ICMC89) ; Ohio : 1989.
- [6] **SERRA, X. and SMITH, J.** ; “Spectral modeling synthesis” in Computer Music Journal nº14(4) ; Massachusetts ; The MIT Press ; 1990
- [7] **VAGGIONE, H.** ; “Transformations morphologiques: quelques exemples” in Actes des Journées d'Informatique Musicale, La Londe-les-Maures : LMA-CNRS; 1998
- [8] **VAGGIONE, H.** ; “Perspectives de l'électroacoustique” in Chimères vol. 40 Automne de 2000 ; Paris : éd. Association Chimères, 2000.
- [9] **VARELA, F. J.** ; *Invitation aux Sciences Cognitives;* (édition française) Paris : Éditions du Seuil- collection Points ; 1989
- [10] **WANDERLEY, M.** ; *Interaction Musicien-Instrument : application au contrôle gestuel de la synthèse sonore - Thèse de Doctorat ; Paris : Université de Paris 6 ; 2001.*
- [11] **WINOGRAD, T. & FLORES, F.** ; *Understanding Computers and Cognition - A new foundation for design ;* éd. Addison Wesley, 1987.



fig. 13

excerto do texto musical de Sotto Voce