

TRÊS OU QUATRO FERRAMENTAS DE PROCESSAMENTO DE SONS EM TEMPO REAL INCORPORADAS A MINHA PRÁTICA COMPOSICIONAL

Prof. Dr. Sérgio Freire
Escola de Música da UFMG
Sonologia
sfreire@musica.ufmg.br

Resumo: O artigo descreve ferramentas de processamento digital de sons em tempo real, implementadas em Max nos últimos dez anos e utilizadas por mim em mais de uma obra musical. Desse modo, elas passam a ter uma presença constante entre os elementos técnico-expressivos reunidos para a realização de uma composição. São eles: prolongamento artificial de sons, processamento baseado em parâmetros da síntese FM, filtragem espectral a 1/4 de oitava, diálogo rítmico-textural com o passado imediato.

Palavras-chave: Processamento digital de sons; Composição musical; Síntese FM; Filtros de áudio.

Three or four realtime DSP tools embedded in my compositional praxis

Abstract: The paper discusses some realtime DSP tools implemented in Max and used in more than one of my musical works in the last ten years. Therefore, these tools are permanently embedded in the set of technical-expressive elements gathered for the planning and realization of a musical composition. They are: artificial prolongation of sounds, sound processing by means of FM synthesis parameters, 1/4 octave spectral filtering, rhythmic-textural dialogue with the immediate past.

Keywords: Digital sound processing; Musical composition; FM synthesis; Filters for audio.

Introdução

Na última década experimentei, utilizei, adaptei e desenvolvi diversas ferramentas de processamento digital de sons em tempo real, algumas das quais passaram a integrar permanentemente o conjunto de possibilidades técnico-expressivas indispensáveis para a realização de qualquer projeto criativo. Embora de forma não exclusiva, boa parte desse esforço criativo está voltado para a música de concerto, contando com a presença e expertise de pelo menos um músico tocando instrumentos acústicos. Nessas experiências, passei a pensar na combinação de meios acústicos e eletroacústico-digitais não como um contraponto entre partes musicais distintas, mas sim como uma ampliação dos recursos instrumentais. Embora isso possa colocar algumas dificuldades práticas para os intérpretes, já que é sempre necessário ensaiar com todo o instrumental eletroacústico, o sentido performático-musical que surge dessa interação é uma das principais metas de meu trabalho composicional.

Três dessas ferramentas podem ser bem descritas e definidas: prolongamento artificial de sons; processamento de sons com parâmetros da síntese FM; filtragem espectral a 1/4 de oitava. Já a última ferramenta a ser abordada é um procedimento bem mais flexível, bastante dependente dos instrumentos utilizados e da textura musical buscada: tento defini-la como um diálogo rítmico-textural com o passado sonoro imediato.

Prolongamento artificial de sons

Na composição da obra *cvq* (2002-2003), para cavaquinho e eletrônica ao vivo, um dos desafios foi a criação de notas longas a partir dos sons relativamente curtos produzidos por esse instrumento. Após diversas tentativas usando linhas de atraso com retroalimentação, procedimentos granulares e de análise-ressíntese por meio de FFT, adaptei uma implementação de síntese granular para um funcionamento em "câmera-lenta". Os principais passos dessa estratégia foram:

- (a) gravar a porção inicial de uma nota, logo após o ataque;
- (b) criar um *loop* de cerca de 250 ms a partir desta gravação, com um envelope dinâmico (uma janela triangular ou *hanning*), cujos pontos de início e final são levemente variados a cada nova leitura;
- (c) superpor quatro versões (defasadas de 1/4 de ciclo) desses *loops*.

A gravação da nota é acionada por um pedal, e nessa peça optou-se por usar três módulos de prolongamento. Desse modo, pode-se superpor até três notas sustentadas, a ainda acrescentar outros motivos que o músico pode tocar sobre elas, sem sustentação. A troca de notas sustentadas é feita de modo circular, de modo que a quarta nota substitui a primeira (princípio *first in / first out*). A figura 1 ilustra esse procedimento.

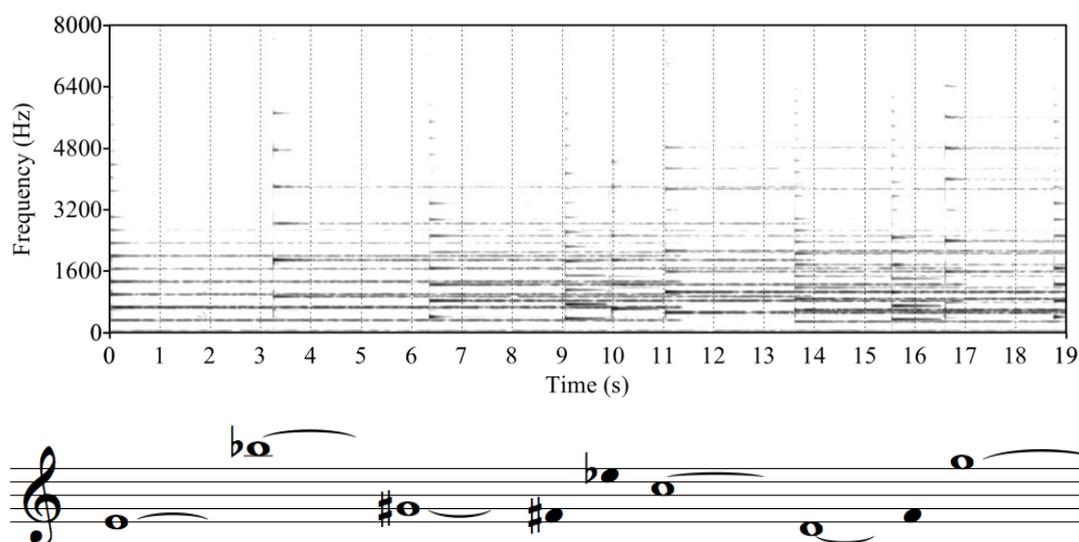


Figura 1: excerto da seção central de *cvq*, na qual as notas com ligaduras são prolongadas artificialmente. Três notas sustentadas são superpostas. Neste caso, a entrada da nota dó substitui a sustentação da nota mi inicial. O sonograma ilustra a textura construída com essas sustentações.

Em 2007 compus *Anamorfofes*, para vibrafone, gongos e eletrônica ao vivo, obra dedicada a Fernando Rocha e estreada em seu recital final de doutorado na Universidade McGill, Canadá. O nome da peça é uma homenagem a Pierre Schaeffer, que utiliza o termo em seu *Traité* (termo emprestado da ótica, para designar as distorções de imagens proporcionadas por espelhos curvos) para descrever particularidades da escuta musical na percepção de ataques, durações, timbres etc. As três grandes seções da peça exploram distorções de sonoridade do vibrafone, sendo que a primeira é um jogo entre as sustentações natural e artificial. (Não por acaso, as outras seções também estão ligadas aos demais processamentos descritos neste artigo, e serão tratadas mais adiante.)

A efetiva implementação do prolongamento artificial de sons do vibrafone foi precedida de duas preocupações, uma de ordem prática (é possível para o músico lidar com dois pedais ao mesmo tempo?) e outra ligada ao próprio processamento. Sons que se aproximam de uma vibração senoidal - tais como os do vibrafone após o ataque - oferecem problemas ao algoritmo implementado, pois a mixagem dos *loops* não leva em conta a fase relativa de cada um deles, podendo causar uma sensação de descontinuidade. Nos primeiros testes, verificou-se a efetividade dessa implementação, através da adaptação dos parâmetros descritos acima, obtendo-se uma sonoridade de sustentação artificial próxima à do uso de motor no vibrafone.

A figura 2 mostra as frase iniciais de *Anamorfozes*, onde pode-se ver a indicação de dois pedais: um relativo à sustentação do som da tecla, outro ligado ao acionamento da sustentação artificial. A bula da partitura prevê que "nessa seção as indicações de abafamento para o pedal normal podem ser feitas tanto com o pedal quanto com a cabeça da baqueta".

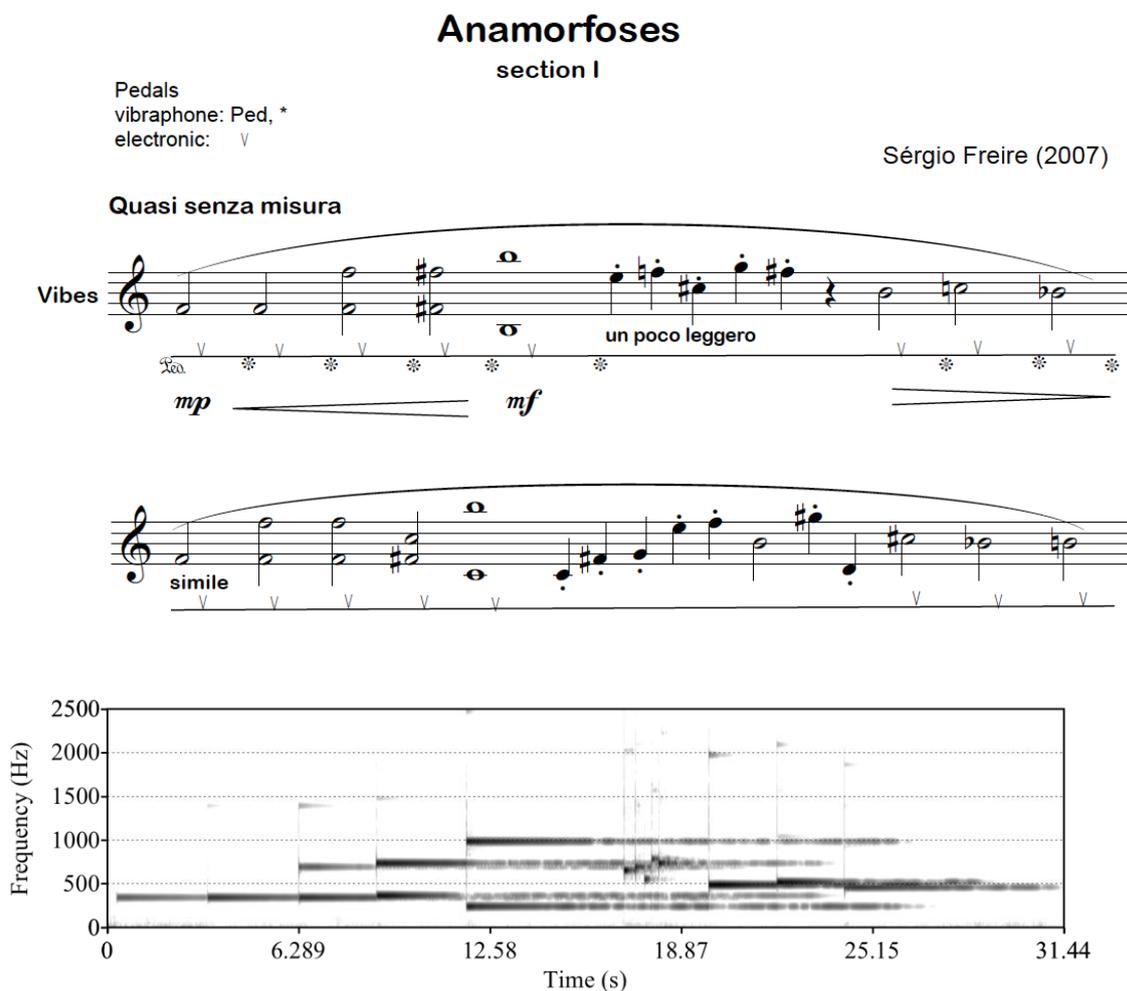


Figura 2: Pentagramas iniciais de *Anamorfozes*. O sonograma se refere ao primeiro pentagrama.

A figura 3 mostra outro trecho da primeira seção, onde o total cromático é explorado através da superposição de três acordes de quatro notas.



Figura 3: Pentagrama pertencente ao final da primeira seção de *Anamorfozes*, onde o total cromático é explorado como harmonia de fundo e como contorno melódico.

Em 2012 compus a obra *.lá..*, para quarteto instrumental (flauta, clarineta, violino e violoncelo) e eletrônica ao vivo. Três seções da peça utilizam o prolongamento artificial de sons. O primeiro uso se dá de modo similar ao descrito acima, com os instrumentos atuando de forma solista e criando uma textura de quatro vezes sustentadas, que vai passando de um instrumento a outro.

7

13 Agitato e rubato

solo clarineta

Cl *f* 5 *Pd.** *Pd.** *Pd.** *Pd.**

14 *solo violoncelo*

Vc *f* *Pd.** *Pd.** *Pd.** *Pd.**

The image shows two musical staves. The top staff is for Clarinet (Cl) and the bottom staff is for Violoncelo (Vc). Both staves are marked with 'f' (forte). The Clarinet staff has a '5' (fifth finger) and four 'Pd.*' markings. The Violoncelo staff has a '0' (open string) and four 'Pd.*' markings. The notes are sustained, as indicated by the 'Pd.*' markings and the 'Agitato e rubato' tempo marking.

Figura 4: Trecho de *.lá..* no qual solos de clarineta e violoncelo utilizam a sustentação artificial de quatro notas, comandada por acionamento de pedais. Cada nota sustentada do violoncelo substitui uma nota sustentada anteriormente pela clarineta.

O segundo uso se dá na criação de um coral a 8 vozes, construído a partir do prolongamento artificial de notas tocadas pelos instrumentos. Cada instrumento ganha uma voz adicional e, vez ou outra, notas duplas dos instrumentos de cordas aumentam a densidade do trecho.

16 Ad libitum, ma agitato 17 Calmo (coral)

Fl
Cl
Vi
Vc

p Pd. Pd.* Pd.* Pd.* p Pd.**

*p Pd.**

*p Pd.**

*p Pd.**

*p Pd.**

harm.

*p Pd.**

Figura 5: Início do coral de .lá., onde as indicações de pedal indicam que as notas que estiverem soando durante seu acionamento serão prolongadas artificialmente.

O terceiro uso se dá no final desse coral, que se transforma em uma improvisação, na qual cada músico conta com dois módulos de prolongamento de notas e sons diversos.

Processamento de sons com parâmetros da síntese FM

Em 2005 desenvolvi uma versão alternativa básica da síntese FM, substituindo os tradicionais osciladores por linhas de atraso com tempo variável. Esse foi um primeiro passo para a aplicação de parâmetros da síntese FM ao processamento de sons. Pode-se pensar nessa síntese como um vibrato exagerado, para o qual devemos estabelecer a frequência moduladora (*vibrato rate*) e a extensão de seu efeito sobre a frequência portadora (*vibrato depth*). Após uma série de cálculos, descritos em Freire (2005), cheguei ao seguinte valor para o valor máximo do *vibrato depth*, em segundos, a ser aplicado à linha de atraso:

$$depth_{\max} = \frac{I}{2\pi f_p}$$

Em outras palavras, ao se dividir o índice de modulação desejado pelo produto de 2π e a frequência portadora f_p , obtém-se o intervalo de tempo máximo a ser multiplicado pela variação senoidal expressa pela frequência moduladora. Esse valor é então aplicado à linha de atraso variável. Deve-se notar a necessidade de se fornecer o valor exato da frequência portadora - contida no áudio a ser processado - para uma correta aplicação do procedimento. A frequência moduladora é a mesma fornecida nas rotinas de síntese FM, podendo ser dada por um valor absoluto ou pela harmonicidade: razão entre as frequências portadora e moduladora.

A necessidade de se calcular (ou fornecer) em tempo real o valor da frequência portadora sugere uma preferência pelo uso de sons monofônicos e com altura definida nesse processamento. Além disso, para uma maior aproximação com os resultados sonoros obtidos

na síntese, deve-se filtrar o sinal de entrada, de modo a se alimentar a linha de atraso apenas com a frequência fundamental do sinal.

Após a implementação dos exemplos que John Chowning utiliza em seu artigo de 1973, fizemos testes com sons de uma flauta, para simular os timbres ali descritos como *bassoon-like*, *clarinet-like* e *oboe-like*. A aproximação dos timbres se mostrou bastante razoável, e os valores de harmonicidade trouxeram surpresas interessantes. Uma nota D4 (293.7 Hz) na flauta gerou sons de clarineta e oboé uma oitava e uma quinta abaixo, e também gerou um som de fagote duas oitavas e uma terça maior abaixo. Ou seja, na modulação a frequência portadora da flauta se transformou no terceiro e quinto harmônicos, respectivamente, do som processado. A figura abaixo mostra os espectros resultantes dessa modulação.

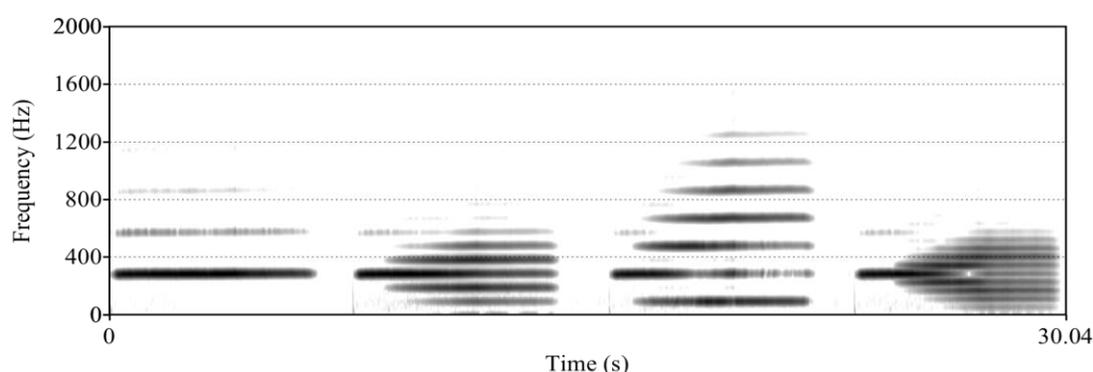


Figura 6: Sonograma da nota D4 (293.7 Hz) tocada na flauta, e em seguida modulada em frequência como um "oboé", "clarineta" e "fagote". Note que a fundamental original se transforma nos terceiro e quinto harmônicos, respectivamente. No som de "clarineta" pode-se ainda notar o espaçamento maior entre harmônicos ímpares.

Nesse tipo de processamento, as curvas de amplitude global e de controle do índice de modulação podem ser definidas de diferentes formas, como demonstram os exemplos a seguir. Em 2007 Sérgio Rodrigo, na época um graduando em composição, compôs a peça *Ciclofrênicas*, para flauta solo e eletrônica ao vivo. Uma das seções da peça propõe um cânone a quatro vozes, a partir das sonoridades descritas logo acima. A parte tocada pela flauta alimenta três linhas de atraso, de 3, 9 e 10 segundos, cada uma sendo modulada para gerar um dos timbres de instrumento de madeira (*bassoon-like*, *oboe-like*, *clarinet-like*). Cada ataque na flauta dispara também um envelope do índice de modulação, levando-o do valor nulo até um valor característico do timbre pretendido. A partitura do início do trecho pode ser vista na figura abaixo. Vale lembrar que as entradas das vozes do cânone seguem os intervalos de uma oitava e uma quinta justa abaixo para a "clarineta" e "oboé", e de duas oitavas e uma terça maior para o "fagote"; desse modo, a partir das notas F e C pode ser construído um campo harmônico com outras três notas: Bb, Db e Ab.

Fl. 188

clarinet-like 3 sec. delay

bassoon-like 9 sec. delay

oboe-like 10 sec. delay

delay on

mp sempre, lontano, como um improviso*, cantabile

Figura 7: Trecho de *Ciclofrênicas*, que explora atrasos e modulação em frequência do som da flauta, para a construção de um cânone a diferentes intervalos com timbres da família das madeiras.

Em *Anamorfozes*, explorei a mesma técnica, dessa vez para aproximar o som do vibrafone dos sons de gongos, que contam com um espectro com maior grau de inarmonicidade. A seção central está construída em pequenas frases, sendo que a primeira nota de cada uma delas define a frequência moduladora das notas que se seguem. Desse modo, conteúdo melódico e conteúdo espectral estão estreitamente relacionados. O som do vibrafone é filtrado, e tem também sua seção inicial - ataque - cortada da modulação, para evitar a modulação de transientes, sempre bastante ruidosa. O índice de modulação é pré-determinado, e sua curva segue a curva dinâmica de cada nota. Em alguns momentos, acordes de vibrafone não modulados tocam sonoridades aparentadas às modulações vizinhas. Os primeiros sistemas dessa seção encontram-se na figura a seguir.

Anamorfozes

section II

The sound of the note played just after the pushing of the electronic pedal is not affected. The following ones are frequency-modulated.

The first note in the phrase defines the modulating frequency: the others define the carriers.

Pedals
vibraphone: Ped, *
electronic: V

Lento rubato (barlines delimit phrases)

Vibes

Gongs

mf (ad libitum)

Vibes

Gongs

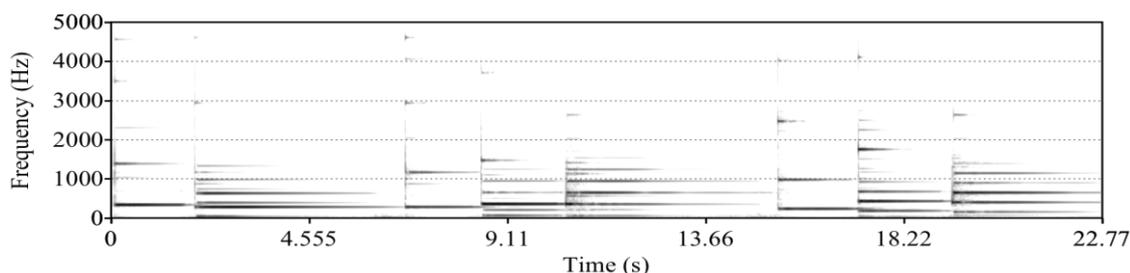


Figura 8: Sistemas iniciais da segunda seção de *Anamorfozes*. O sonograma refere-se ao segundo sistema. Note-se a maior riqueza espectral das notas moduladas.

Na parte final dessa seção, encontra-se o acorde F#3/A#3/D5/A5, tocado sem modulação, que está relacionado à resultante da modulação entre as frequências das notas G#3 (moduladora, 207.65 Hz) e A4 (portadora 440 Hz).

Figura 9: Sistema final da seção II de *Anamorfozes*.

Sabe-se que as frequências resultantes da modulação FM são dadas pela fórmula: $f_n = f_p \pm n f_m$, e suas amplitudes seguem as curvas de Bessel. A tabela abaixo explicita as relações de altura no caso em discussão.

freq. portadora (Hz)	freq. moduladora (Hz)	fórmula	freq. resultante (Hz)	nota
440	207.65	$f_p - f_m$	232.36	A#3 - 5 cents
		$f_p - 3 * f_m$	-182.95	F#3 - 20 cents
		$f_p - 5 * f_m$	-598.25	D5 + 32 cents
		$f_p + 2 * f_m$	855.3	A5 - 49 cents

Tabela 1: Algumas frequências geradas pela modulação em frequência de A4 (portadora) e G#3 (moduladora). Valores negativos de frequência indicam apenas que há uma alteração de fase na onda gerada.

Na peça *.lá..*, para quarteto e eletrônica ao vivo, o processamento de sons por meio de parâmetros da síntese FM é a principal técnica composicional utilizada. Em sua seção inicial, os quatro instrumentos tocam diversas frases, reiterando constantemente a nota lá em diferentes oitavas. As notas sustentadas de cada frase são moduladas, e a harmonicidade é construída a partir de números ímpares, seguindo uma ordem crescente a cada frase. Chega-se desse modo até o número 13. A figura 10 mostra a terceira frase da peça, na qual os números primos 2, 3 e 5 definem os índices de harmonicidade. Um pedal eletrônico na parte da flauta controla a entrada/saída do processo de modulação, e a dinâmica de cada parte controla o índice de modulação, cujo máximo está definido na partitura.

The musical score consists of four staves: Flute (Fl), Clarinet (Cl), Violin (Vi), and Violoncello (Vc). The tempo is marked as $\text{♩} = 90$ and $\text{♩} = 60$ (q. s. m.). Dynamics range from *f* (forte) to *pp* (pianissimo). Modulation indices are indicated as h and i for each instrument.

Instrument	Initial Dynamics	Final Dynamics	Modulation Index h	Modulation Index i
Flute (Fl)	<i>f</i>	<i>pp</i>	1/5	2
Clarinet (Cl)	<i>f</i>	<i>pp</i>	2	0.4
Violin (Vi)	<i>mf</i>	<i>pp</i>	3/2	0.85
Violoncello (Vc)	<i>f</i>	<i>pp</i>	4	1.3

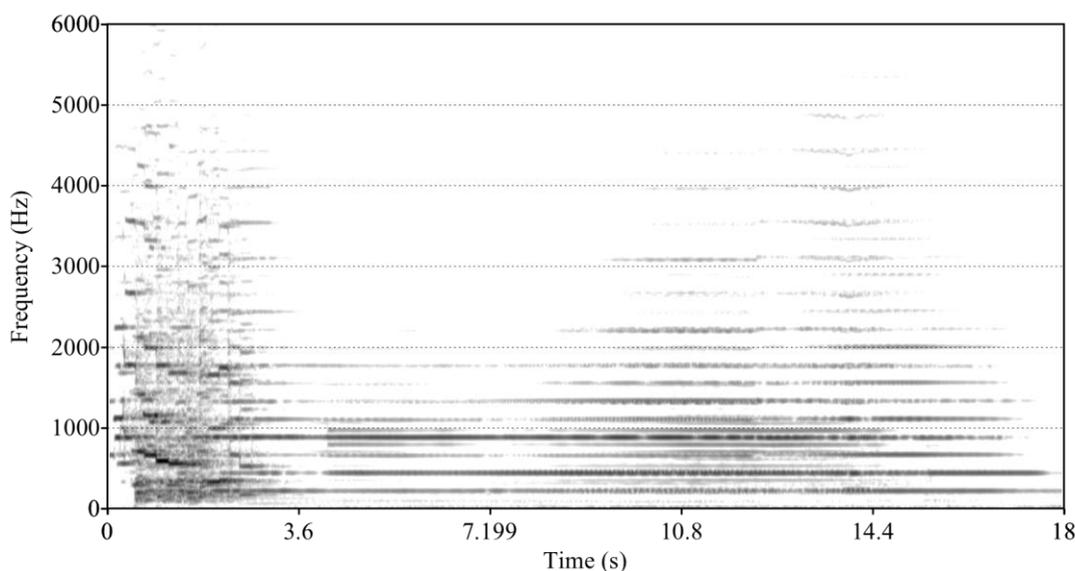


Figura 10: Partitura e sonograma da terceira frase de *.lá...* A modulação se inicia após as figuras rápidas e seu índice é controlado pela dinâmica.

A seção final de *.lá..* explora mais radicalmente esse procedimento de modulação: aqui acontece uma modulação cruzada entre pares de instrumentos (flauta/clarineta, violino/violoncelo). A harmonicidade para cada um dos instrumentos é dada pela própria harmonia do trecho musical, ou seja, a frequência moduladora de um dos instrumentos é a altura fundamental tocada pelo outro, e vice-versa. Os índices máximos de modulação estão indicados. Quanto um dos instrumentos do par está em silêncio, o outro soa com seu timbre natural.

19 $\text{♩} = 40$

Nesta seção e nas seguintes, flauta e clarineta modulam o som um do outro. O mesmo se dá entre violino e violoncelo. O índice máximo de modulação está indicado.

Flauta (Fl): p $i: 1.0$

Clarineta (Cl): pp $i: 0.4$ mf

Violino (Vi): pp $i: 1.0$ mf pp

Violoncelo (Vc): mf p $i: 0.2$

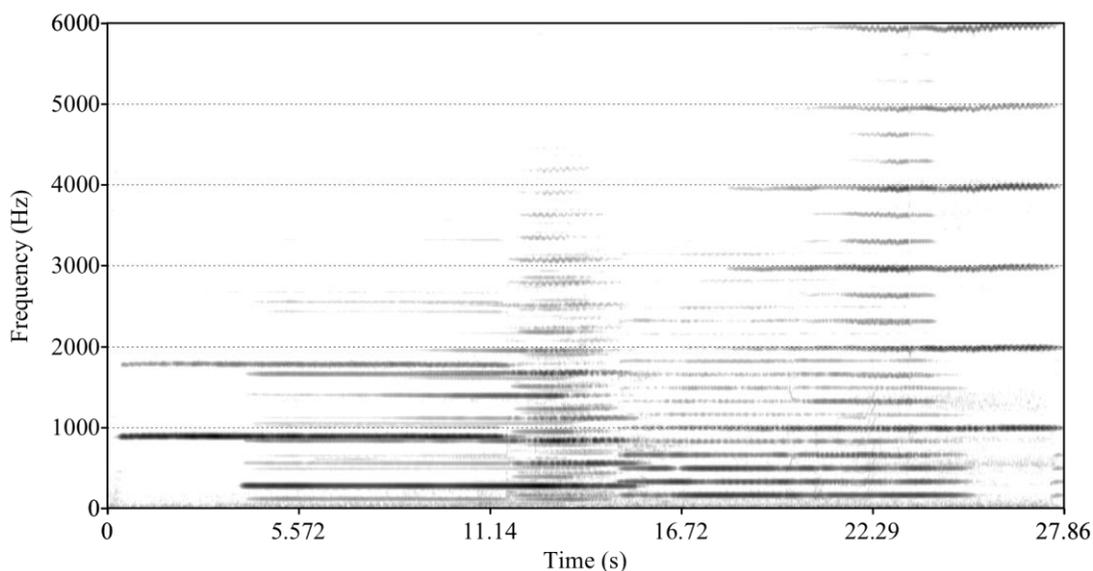


Figura 11: Partitura e sonograma do início da última seção de *.Lá...* O trecho representado no sonograma vai até a fermata.

Após um início lento, essa seção final adquire um caráter mais rítmico, onde se explora a ausência/presença da modulação com a utilização de notas longas em crescendo e decrescendo nos outros instrumentos. O número 22 de ensaio ilustra o procedimento.

22 Mais movido ♩ = 110 (3)

Fl
Cl
Vi
Vc

pp *mf* *pp* *mf* *mf*

mf

pp *mf* *pp* *mf* *mf* *mf*

mf

Figura 12: Número 22 de ensaio de *.lá...*, onde se dá uma modulação em frequência cruzada entre flauta/clarineta e violino/cello.

Filtragem espectral a 1/4 de oitava

O processamento de sinais de áudio no domínio das frequências, através da manipulação de dados advindos da transformada rápida de Fourier, tem sido cada vez mais comum. Se por um lado o processamento dos dados em tempo real tornou-se possível com o aumento do processamento dos computadores, por outro lado é inevitável uma certa latência, devido à necessidade de armazenamento de uma porção do sinal em um buffer antes do cálculo. Para se cobrir razoavelmente as 10 oitavas do espectro sonoro, deve-se usar um segmento de pelo menos 2048 amostras (equivalente a 42.6 ms com uma frequência de amostragem de 48 KHz). Isto corresponde ao período de uma onda com uma frequência fundamental de 23.44 Hz.

Levando-se em consideração essa latência no processo composicional, muitas possibilidades se abrem para a exploração espectral em tempo real. Uma delas é a filtragem de faixas bastante precisas de frequências presentes no espectro sonoro. A resolução de frequências da transformada de Fourier não é uniforme em todas as oitavas: apresenta uma única faixa na primeira oitava, 2 na segunda, 4 na terceira, até 512 faixas na décima oitava. A partir da terceira oitava, que conta com quatro faixas distintas, já é possível realizar uma filtragem por 1/4 de oitava. Desse modo, obtém-se 36 opções de filtragem em todo o espectro audível. Essa filtragem se aproxima da largura da banda crítica média do ouvido humano (Zwicker, 1961) Assim, a programação deve apenas agrupar os dados de amplitude e fase dos componentes contíguos de uma análise espectral que juntos formam o intervalo de 1/4 de oitava, e ressintetizá-los em conjunto. Um filtro desse tipo está descrito em Padovani e Freire (2006) e foi utilizado na obra *desfiar* (2011), para violoncelo e eletrônica. Na primeira seção dessa peça são utilizadas seis linhas de atraso, cada uma alimentada por uma filtragem específica, que varia segundo o decorrer da música. A figura abaixo mostra a regulagem dos filtros para a frase de número 16 da partitura. As linhas de atraso estão reguladas em 3, 4.3, 5, 6.1, 7 e 8 segundos, e contam com uma retro-alimentação, de modo que os sons que nelas

entram demoram um pouco a se extinguir. Sempre que o violoncelo pára de tocar, é realizado um *fade-out* nas linhas de atraso.

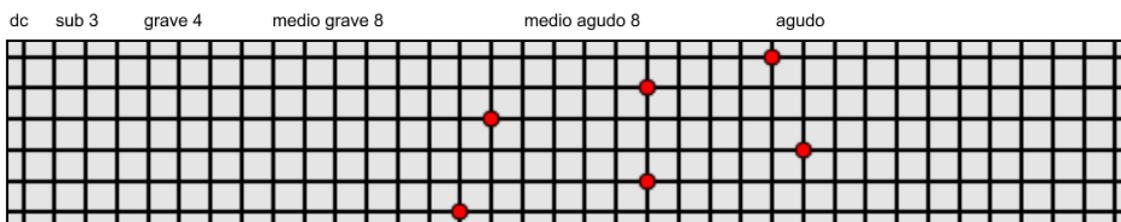


Figura 13: Regulagem do filtro espectral a 1/4 de oitava usado em uma frase de *desfiar*. Diferentes regulagens desse *patchbay* podem ser armazenadas e carregadas no momento apropriado. Linhas verticais correspondem à região do espectro a ser filtrada (36 opções), e linhas horizontais correspondem às 6 linhas de atraso.

A peça *desfiar* se inicia com uma melodia muito lenta, no registro grave do violoncelo, de cujas notas são filtrados certos harmônicos. De cada uma das quatro primeiras notas tocadas, foram escolhidos os seguintes harmônicos:

nota	harmônico
A2 - 110 Hz	5º - 550 Hz - "C#4"
F2 - 87.31 Hz	7º - 611.17 Hz - "Eb4"
E3 - 164.8 Hz	7º - 1153.6 Hz - "D5"
G2 - 98 Hz	12º - 1176 Hz - "D5"

Tabela 2: Valores em Hz das frequências fundamentais e de harmônicos específicos das quatro primeiras notas tocadas em *desfiar*.

desfiar

(para Elise Pittenger)

para cello e eletrônica ao vivo

Sérgio Freire (2011)

A **Molto lento** ♩ ca. 40

Nesta seção, diferentes regiões do espectro sonoro do violoncelo, variando a cada preset, são repetidas em até 6 diferentes vozes, com atrasos de 3.0, 4.3, 5.0, 6.1, 7.0 e 8.0 segundos.

(presets da parte eletrônica)

1 ∇ quase sul pont. **2** (ad libitum) pequena fermata nas primeiras notas das frases **3** ∇ simile

mf *legato*

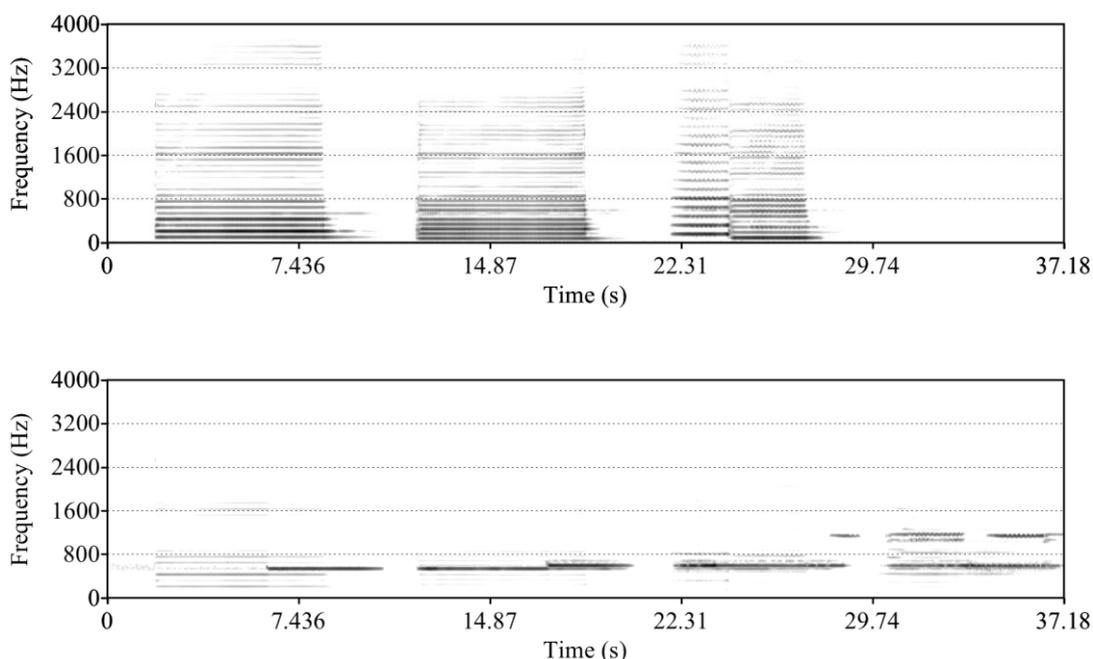


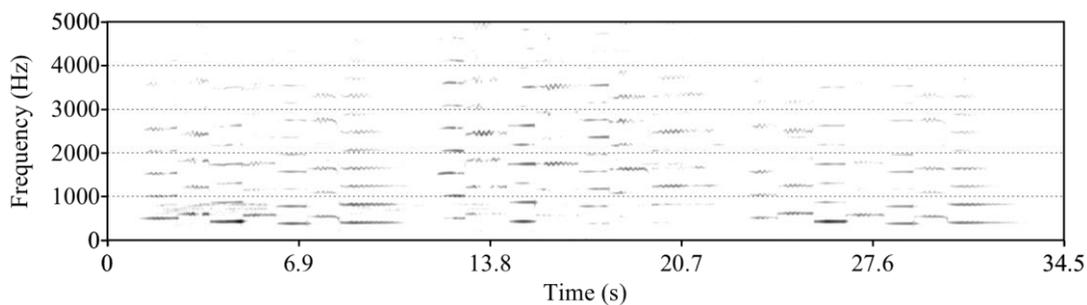
Figura 14: Partitura e sonogramas das frases iniciais de *desfiar*. O sonograma superior representa o som do violoncelo captado por um microfone próximo e o inferior representa o resultado das filtragens e dos atrasos devidos ao processamento.

A frase 17 dessa primeira seção deve ser repetida três vezes, com variação da posição do arco em cada uma delas. Nos sonogramas pode-se notar como o conteúdo espectral da parte filtrada, aqui já bem mais densa, vai se modificando, à medida que as linhas de atraso vão se renovando.

17

p 1a.) ord.
2a.) sul pont.
3a.) sul tasto

3x ,



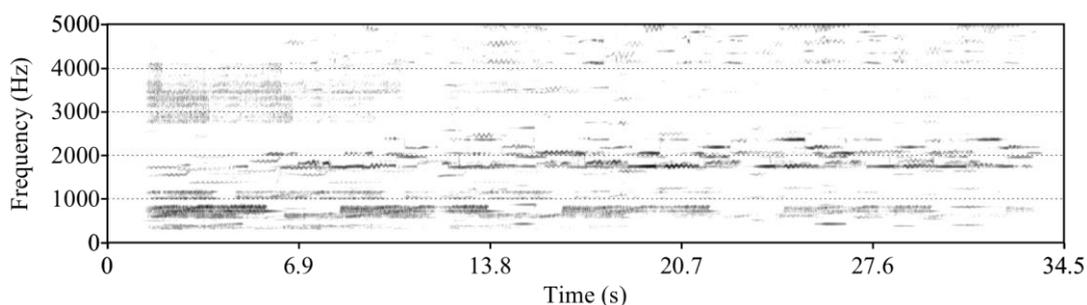


Figura 15: Partitura e sonogramas (violoncelo acima e filtros/atrasos abaixo) da frase 17 de *desfiar*.

Com essa estratégia baseada na transformada de Fourier é também possível conseguir outras larguras de banda de filtragem, sejam de oitavas completas, ou mesmo de notas individuais.

Diálogo rítmico-textural com o passado imediato

Essa última ferramenta a ser descrita apresenta uma maior flexibilidade de concepção e processamento, e será, portanto, discutida a partir de dois exemplos concretos.

A última seção de *Anamorfoses* propõe células rítmicas que devem ser repetidas pela parte eletrônica, porém em ordens diversas, uma espécie de *loop* com permutação de seus elementos. Para isto, utilizei ataques fortes como marcadores dos pontos de segmentação. A célula a ser repetida é gravada, e durante a gravação, esses pontos de segmentação são calculados (como a detecção de ataques sempre se dá um pouco após o início do som, realiza-se uma compensação desses tempos). A seguir, podem ser vistas as partituras de dois trechos contrastantes quanto à atividade rítmica dessa seção.

Anamorfoses

section III

The numbered measures will be repeated in a varied loop; adjust well the attacks detection.

In these loops, the electronic pedal is depressed twice: before the first attack and exactly at the end of the last note. Make a short pause between two successive loops.

The non-numbered measures are to be improvised according to the given directions. Their duration depends on the overall phrasing planned by the interpreter.

1 Tempo 1 (♩ = 24)

2 enter in upbeat

3 Tempo 2 (♩ = 110)

play out of phase with the loops

13 Tempo 4 (♩ = 110)

Vibes

14

Vibes

Figura 16: Módulos 1, 2, 3, 13 e 14 da terceira seção de *Anamorfosos*.

Já em *desfiar*, para violoncelo e eletrônica, a estratégia utilizada em sua seção central é um pouco diferente. A proposta é mais improvisatória, e ao invés da permutação das células, acontece uma superposição de até cinco frases gravadas anteriormente, com filtragens variadas. Ataques na execução ao vivo ativam a reprodução dessas frases, que são armazenadas com três filtragens diferentes, sendo que uma delas é sorteada a cada reprodução.

B Energico forte

Nesta seção cada frase - ou parte dela - será gravada (com acionamento de pedal) e tocada em contraponto com as outras já gravadas. Quando tocados sem pedal, trechos instrumentais também geram o contraponto. Os trechos gravados são reproduzidos com diferentes filtragens. É desejável que a seção tenha um caráter improvisatório,

24 pizz. l.v.

Ped. deve ser acionado antes do primeiro ataque

arco

Ped. simile

Ped.

Figura 17: Três das cinco frases que compõem a seção B de *desfiar*.

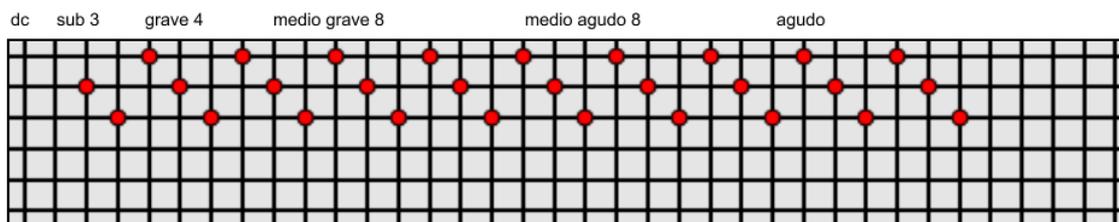


Figura 18: Filtragens utilizadas na seção B de *desfiar* para cada uma das frases gravadas.

Considerações finais

Falta a este texto uma dimensão fundamental, que gostaria de caracterizar como perceptivo-musical, englobando não apenas as sonoridades criadas, mas também sua presença nos ambientes de concerto. Para suprir parcialmente essa carência, as partituras e gravações das obras aqui tratadas podem ser encontradas em www.musica.ufmg.br/sfreire, ou por demanda direta ao autor.

Agradecimentos

Agradeço o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq para o desenvolvimento das pesquisas que resultaram nas ferramentas aqui abordadas.

Bibliografia

- CHOWNING, John. "The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation". *Journal of the Audio Engineering Society* (21:7), 1973.
- FREIRE, Sérgio. "cvq: entre o meta-instrumento e a pseudo-obra". *Anais do IX Simpósio Brasileiro de Computação e Música*, pp. 271-276. Campinas, 2003.
- _____. "Implementação da síntese FM em uma linha de atraso variável e suas possíveis aplicações no processamento digital de sons". *Anais do X Simpósio Brasileiro de Computação e Música*, pp. 219-225. Belo Horizonte, 2005.
- _____. "Anamorfoses (2007), para percussão e eletrônica ao vivo". *Revista do III Seminário Música Ciência Tecnologia*, pp. 89-98. São Paulo: Usp, 2008.
- PADOVANI, José Henrique e Sérgio FREIRE. "Explorando envoltórias espectrais em sistemas musicais interativos". *Anais do XVI Congresso da Anppom*, pp. 280-287. Brasília, 2006.
- SCHAEFFER, Pierre. *Traité des Objets Musicaux*. Paris: Seuil, 1966.
- ZWICKER, Eberhard. "Subdivision of the Audible Frequency Range into Critical Bands". *The Journal Of The Acoustical Society Of America*, vol. 33, n.º. 2, p. 248, fev. 1961.

Partituras

Sérgio FREIRE

cvq (2002-3), manuscrito do autor
Anamorfoses (2007), manuscrito do autor
desfiar (2011), manuscrito do autor
.lá.. (2012), manuscrito do autor

Sérgio RODRIGO

Ciclofrênicas (2007), manuscrito do autor