

# Anamorfoses (2007), para percussão e eletrônica ao vivo

Sérgio Freire

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

e-mail: [sfreire@musica.ufmg.br](mailto:sfreire@musica.ufmg.br)

## Introdução / motivações

Em abril de 2007, recebi um convite do percussionista Fernando Rocha, em doutoramento no Canadá, para escrever uma peça para percussão e eletrônica, a ser apresentada em seu recital final e em outros concertos naquele país. Em setembro de 2007 decidimos que a instrumentação teria o vibrafone como instrumento principal, mas não exclusivo, e que a montagem deveria ser razoavelmente compacta. Os primeiros esboços da composição datam do início de outubro, e no final do ano aconteceram dois encontros com o intérprete, que foram fundamentais para a definição da pertinência e viabilidade das idéias desenvolvidas até então. A partitura ficou pronta no início de janeiro, a parte eletrônica foi refinada durante este mesmo mês, e a peça foi estreada em 08/02/2008, na conferência-recital de doutorado do músico, na *Schulich School of Music*, McGill University.

A peça, intitulada Anamorfoses, está composta para vibrafone, gongos tailandeses (*nipple gongs*) e eletrônica ao vivo, programada em *max-msp*. O desafio inicial da composição foi o de explorar as características acústicas marcantes do vibrafone (ataques e *pitches* claros, longas ressonâncias com espectro harmônico simples) em um contexto timbrístico mais amplo. Anamorfoses está dividida em três seções, tocadas sem interrupção, cada uma explorando um aspecto específico de anamorfose<sup>74</sup>. Em um primeiro momento, o prolongamento artificial de certas notas e acordes se mesclam e se confundem com sua ressonância natural. Na seção central, a modulação em freqüência confere ao vibrafone características espectrais inarmônicas, propiciando uma interação com a sonoridade dos gongos. Na parte final, frases sucessivas tocadas pelo instrumento são repetidas em diferentes permutações, instaurando uma espécie de polifonia entre a execução musical do presente e seu passado imediato.

O fato do intérprete a quem a obra é dedicada realizar sua pós-graduação em uma escola com uma grande produção na área de música e novas tecnologias, que não apenas é referência internacional da área mas

74 O termo anamorfose se refere às distorções de imagem proporcionadas por espelhos curvos, e foi utilizado por Pierre Schaeffer (1966) na descrição de certas particularidades da escuta musical, como a percepção de ataques, durações, timbres, relações de causa e efeito, afinidades funcionais.

também oferece condições ótimas para as montagens, ensaios e apresentações de seus alunos, permitiu que a concepção da peça fosse realmente interativa, não sendo limitada por questões de ordem prática, tais como o número de ensaios com equipamento e técnica adequadas. Para que a peça funcione, é necessário um número razoável de ensaios com o *setup* completo (*max-msp*, microfones, placa de som, caixas acústicas, pedais etc.), que, preferencialmente, deve também ser mantido no concerto.

Antes de tratar da composição propriamente dita e das demandas interpretativas, o texto discute aspectos técnicos e de implementação das transformações sonoras utilizadas.

## **Algoritmos de processamento de sons utilizados**

### **1) Prolongamento artificial de notas**

Descrevi sumariamente este processamento em 2003, que consiste na gravação de um pequeno trecho de um som razoavelmente sustentado, normalmente após o ataque, seguido de sua reprodução em dois ou mais *loops* semelhantes<sup>75</sup>, mixados em *crossfading*. A cada retomada do *loop*, o ponto de início é levemente alterado. A multiplicação desse procedimento possibilita que um coral de sons contínuos seja construído a partir de uma única fonte monofônica. O início da gravação é comandada por um pedal acionado pelo próprio músico.

Apesar de sua simplicidade, trata-se um procedimento que pode ser bastante expressivo em contextos onde não se espera uma sustentação muito prolongada dos sons (p. ex., em notas de cavaquinho), ou uma polifonia (voz solo cantada). Sons que se aproximam de uma vibração senoidal oferecem problemas a essa abordagem de processamento, pois a mixagem dos *loops* não leva em conta a fase relativa de cada um deles, podendo causar uma sensação de descontinuidade. As modificações possíveis de ser implementadas, além da definição do número de *loops* por voz e transposição, estão ligadas à duração do trecho gravado, duração do trecho a ser reproduzido, região de início de cada *loop*, tempos de *fade-in* e *fade-out* das vozes.

### **2) Processamento de sons por meio de parâmetros da síntese FM**

Em 2005, publiquei um trabalho tratando da implementação da síntese FM em uma linha de atraso variável, ao invés do tradicional uso de dois osciladores, no qual um controla a freqüência do outro. Ali, também previ as possibilidades de seu uso em processamento digital de sons, desde que observadas algumas precauções.

A implementação em si é bastante simples e de baixo custo computacional. Sumarizo abaixo os principais cálculos necessários para se

---

<sup>75</sup> Superposições de 2, 3 ou 4 loops já foram implementadas, juntamente com a possibilidade de transposição.

ajustar uma linha de atraso variável aos parâmetros de freqüência portadora, freqüência moduladora e índice de modulação, típicos da FM.

A fórmula básica da modulação em freqüência é dada por:

$e = A \sin(2\pi f_p t + I \sin 2\pi f_m t)$ , onde  $A$  é a amplitude máxima da modulação resultante,  $f_p$  é a freqüência (em Hz) da onda portadora,  $f_m$  é freqüência da moduladora e  $I$  é o índice de modulação, definido pela razão entre o desvio máximo (da portadora) e a freqüência da onda moduladora<sup>76</sup>.

Pode-se daí calcular a variação de freqüência proporcionada pela moduladora, expressa pela razão entre a freqüência portadora modulada e a sem modulação, que é dada por:  $\frac{2\pi f_p + I \sin 2\pi f_m}{2\pi f_p}$ .

A linha de atraso variável representa, na prática, uma mudança do número de amostras que deve ser lido em determinado intervalo de tempo, e essa variação também se reflete na freqüência do som ao qual será aplicado esse atraso. Seu valor é:  $\frac{N_{padrão} + N_{max} * \sin 2\pi f_m}{N_{padrão}}$ , onde  $N_{max}$  é o número máximo de amostras a ser atrasado (ou adiantado, conforme o sinal da função seno) em cada segundo e  $N_{padrão}$  se refere ao número de amostras definido pela freqüência de amostragem utilizada.

Igualando essas duas variações da freqüência portadora, podemos calcular o valor de  $N_{max}$  referente aos parâmetros  $f_m$  e  $I$  (índice de modulação) da síntese FM.

$1 + \frac{I \sin 2\pi f_m}{2\pi f_p} = 1 + \frac{N_{max} * \sin 2\pi f_m}{N_{padrão}}$ . Simplificando-se, chega-se ao seguinte resultado:

$\frac{N_{max}}{N_{padrão}} = \frac{I}{2\pi f_p}$ , onde  $N_{max} / N_{padrão}$  pode também ser lido como o valor máximo do atraso (em segundos) a ser aplicado ao sinal de entrada. Em outras palavras, ao se dividir o index de modulação pelo produto de  $2\pi$  e  $f_p$ , obtém-se o intervalo de tempo máximo a ser multiplicado pela variação senoidal da freqüência moduladora<sup>77</sup>.

A maior dificuldade em implementar esse algoritmo está no cálculo da freqüência portadora, que deve ser extraída do sinal de áudio de entrada, preferencialmente monofônico. Diferentes estratégias devem ser implementadas para diferentes tipologias sonoras. A extração da fundamental de um vibrafone é, p. ex., distinta da de uma flauta, já que no primeiro caso o ataque tem uma grande importância, enquanto no segundo é a sustentação do som, com suas pequenas variações de altura, que deve ser valorizada. Peças isoladas de percussão, mesmo sem uma

76 Ver Chowning (1973), p. 527. Ver também Tempelaars (1996), p. 248-253, para uma descrição mais detalhada das equações envolvidas na FM.

77 No texto de 2005 chego ao mesmo resultado a partir do efeito *doppler*. Faltou dizer na ocasião que a fórmula do *doppler* proposta se referia à variação de velocidade do ouvinte em relação à fonte sonora. Essa variação pode ser comparada, em termos metafóricos, à variação do número de amostras lidas por segundo causada pelo *delay digital*.

fundamental muito definida, também podem ser assim moduladas, ao se definir de antemão um valor adequado para a freqüência portadora.

Em uma aproximação ideal da síntese FM, deve-se também cuidar para que os harmônicos do áudio de entrada sejam filtrados, deixando apenas seu som fundamental. Essa filtragem pode não ser desejável em alguns casos, mas deve-se estar atento aos ataques ricos em transientes, que podem soar bastante distorcidos.

### **3) Loops com permutação de células**

A utilização de *loops* com permutação de seus elementos (facilmente realizada no protocolo Midi) oferece alguns desafios a sua realização com áudio: detecção seletiva de ataques, sua localização precisa no tempo, cuidado com ressonâncias, manutenção das intenções de fraseado.

A implementação aqui realizada usa o objeto *fiddle~* (Puckette e Apel, 1998) e um pedal do tipo *sustain*. Sua detecção de ataques se apoia nas mudanças bruscas de conteúdo espectral, e, obviamente, ocorre algum tempo depois do *onset* real dos sons. Em instrumentos com transientes de ataque bem definidos, não é difícil selecionar ataques segundo sua dinâmica de execução; ao mesmo tempo observa-se que um intervalo de tempo bastante consistente é mantido entre cada *onset* e cada indicação de ataque realizada pelo *fiddle~*.

O funcionamento básico do algoritmo segue os seguintes passos: 1) o pedal é apertado, indicando o início da gravação de um novo *loop*; 2) os ataques selecionados são armazenados em ordem crescente, juntamente com o tempo decorrido desde o acionamento do pedal e sua “duração” (na verdade, o intervalo de tempo que o separa do próximo ataque); 3) um novo acionamento do pedal marca simultaneamente o final do último evento sonoro do *loop* e o final da gravação; 4) o trecho assim gravado e segmentado é tocado repetidamente, com variação da ordem de suas células a cada repetição. Deve-se ajustar o intervalo de tempo a ser subtraído do tempo inicial de cada segmento, de modo que em sua execução o *onset* não seja cortado e cause *clicks* audíveis.

A questão das ressonâncias deve ser levada em conta quando esta é uma forte característica do timbre instrumental (violão, piano, vibrafone etc.). Deve-se cuidar para que os pontos de segmentação sejam marcados por ataques que não se superponham a uma sustentação anterior, pois, nas permutações, o aparecimento de um evento sonoro com uma ressonância que não lhe é própria (ou não é causada pelo som que o antecede) é, na maioria dos casos, um efeito indesejado.

Em algumas situações, a intenção de fraseado do *loop* original não se mantém em suas permutações, causando uma sensação de descontinuidade. Para se superar essa situação, é necessária a combinação entre uma correta regulagem dos *onsets* e uma escolha eficiente dos materiais musicais.

## A composição

Já foi mencionado mais acima que o grande desafio composicional enfrentado nessa peça foi a ampliação dos recursos timbrísticos do vibrafone. Desde o início decidiu-se que dois alto-falantes deveriam ser posicionados no chão, à frente do instrumento, para que a parte eletroacústica pudesse se integrar ao cenário acústico do vibrafone (e posteriormente, dos gongos).

O jogo entre as ressonâncias naturais do instrumento e seu prolongamento artificial me pareceu um início promissor, mas dependia de uma realização efetiva. Como logo após o ataque o espectro do vibrafone se torna bastante simples, havia dúvidas sobre o resultado do prolongamento descrito acima. A resultante obtida foi satisfatória: um som não totalmente liso, com algum parentesco com a utilização do motor do vibrafone, e com dinâmica bastante dependente do momento de acionamento do pedal de gravação. Um número máximo de três notas (ou estratos) sustentados foi definido como parâmetro composicional. Assim, as notas *staccato* da primeira frase (figura 1) são tocadas sobre uma harmonia formada pelos últimos três eventos (fá, fá# e si). A partitura traz indicações sobre os pedais do vibrafone e da parte eletroacústica; as indicações de abafamento podem ser feitas tanto com o pedal do instrumento quanto com baquetas.

**Quasi senza misura**

Figura 1: Primeira frase da peça. A indicação de pedal inferior se refere ao pedal do próprio instrumento, enquanto a superior se refere ao acionamento do pedal de gravação.

Em relação ao tratamento das alturas, três decisões iniciais norteam a composição de toda a peça:

a divisão da extensão do vibrafone (fá3 a fá6<sup>78</sup>) em quatro zonas de tamanho igual, de nove semitons. As notas que marcam essa divisão formam um acorde de sétima diminuta: fá3, ré4, si4, sol#5, fá6;

a definição de fá, fá# e si como notas pólo;

a definição de um modo de 24 notas para as três oitavas de extensão do vibrafone, de modo que cada altura (*pitch class*) apareça duas vezes. É aplicada uma variação do princípio da construção de modos por sucessão de semitons e tons, bastante explorada por O. Messiaen. O modo final conta com 28 notas diferentes, devido à inclusão das notas pólo em todas as oitavas disponíveis. Às vezes, decisões compostoriais localizadas

78 Considere-se que o lá4 tem a freqüência de 440 Hz.

levaram à utilização de outras alturas, como p. ex., a exploração de bordaduras cromáticas em torno a uma nota pólo.

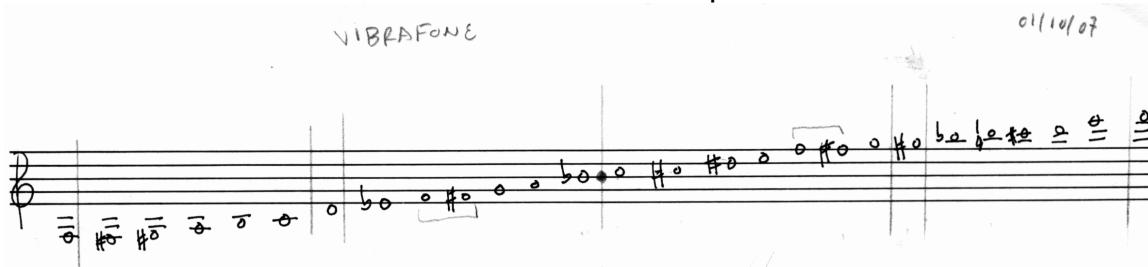


Figura 2: Modo de 28 notas entre fá3 e fá6, baseado na sucessão de tons e semitons. As notas fá3, ré4 si4, sol#5 e fá6 marcam a divisão do modo em 4 zonas de 9 semitons.

Após quatro frases iniciais, que se desenvolvem a partir da proposta inicial da peça (figura 1), segue-se um trecho que explora as notas pólo fá e si, em uma escrita polirítmica (figura 3). Após uma transição, que leva à exploração das notas ré e sol#, também em poliritmias, chega-se a uma seção em trêmulos (em diferentes velocidades e densidades de notas), cuja sonoridade também é prolongada artificialmente. Os trêmulos se desenvolvem a partir de uma escala de tons inteiros (contendo ré e sol#) acrescida de dó#, e se direcionam ao clímax da primeira seção. Aqui, o total cromático é explorado a partir frases formadas por três acordes de quatro notas tocados em seqüência, prolongados artificialmente, sobre os quais se constrói uma linha melódica em *staccato*. Esta linha também utiliza o total cromático, valendo-se das notas restantes do modo de 28 sons (figura 4).

Figura 3: Último sistema da primeira página de Anamorfoses. A primeira figura explora a nota fá e suas bordaduras cromáticas, a segunda a nota si.

Figura 4: Quarto sistema da terceira página de Anamorfoses. Três acordes baseados em superposição de quartas justas e perfazendo o total cromático são prolongados, enquanto as notas em *staccato* seguem o ciclo das quintas a partir de sib. Ao final da frase, sobra a sonoridade das notas pólo fá, fá# e si.

A segunda seção da peça explora o diálogo entre sons de espectro harmônico (os sons naturais do vibrafone) e de espectro inarmônico

(modulação em freqüência dos sons do vibrafone e gongos). A escolha das freqüências moduladoras se dá durante o próprio desenrolar da peça, com a utilização de um pedal de *sustain* (o mesmo usado na seção anterior para o prolongamento). Ao se acionar esse pedal, todo o processamento de sons é suspenso, e a freqüência da nota tocada logo após esse acionamento é definida como a nova freqüência moduladora das notas que vêm a seguir. Desse modo, pode-se controlar o grau de harmonicidade de todos os eventos da seção, o que serviu também para balizar a escrita dos gongos<sup>79</sup>. O índice de modulação para cada uma das freqüências moduladoras é pré-determinado.

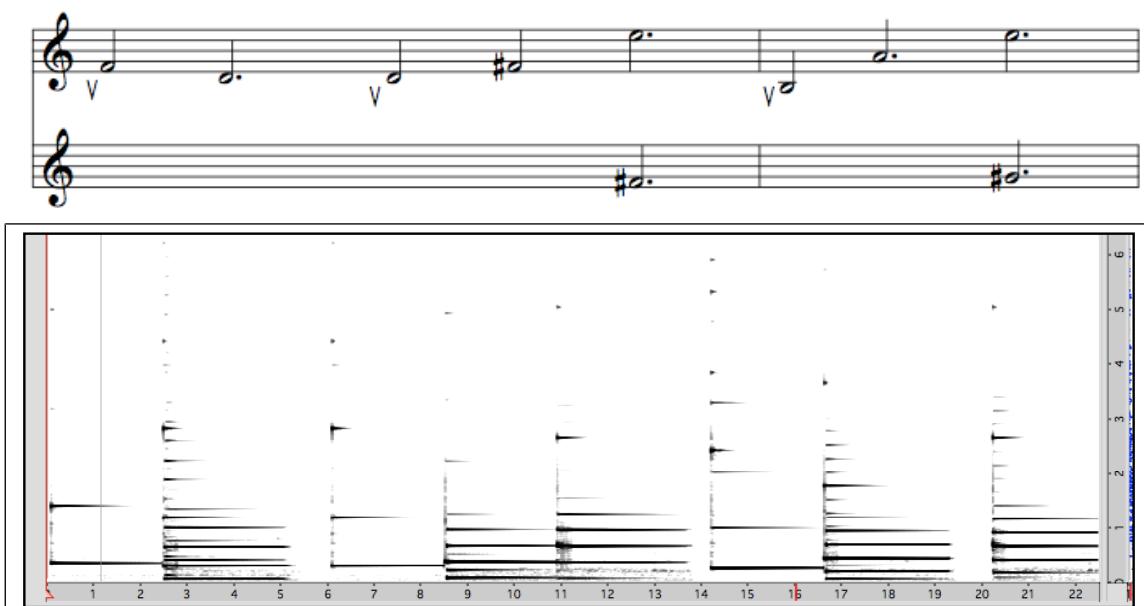


Figura 5: Segundo sistema da segunda seção de Anamorfoses, e sonograma da realização sonora sem os gongos. As três notas tocadas logo após a indicação de pedal têm um espectro bastante simples em comparação com as demais. As notas mi que finalizam cada frase apresentam espectros distintos. O eixo horizontal está calibrado em segundos, e o vertical em KHz.

Além da detecção das freqüências portadora e moduladora, mereceram também atenção especial a filtragem do sinal a ser modulado e o controle do índice de modulação. Uma subrotina dentro do *patch* principal está dedicada a essas tarefas. Quando o pedal é apertado, ele primeiramente causa um *fade-out* na modulação em curso. Em seguida, abre um *gate* para o recebimento da nota a ser calculada pelo *fiddle~* no próximo ataque. Quando essa nota é calculada, é também escolhido o índice máximo de modulação a ela associado, e abre-se o *gate* para que as novas mensagens vindas do *fiddle~* sejam utilizadas na modulação. O novo ataque que se segue faz um *fade-in* para a modulação; a altura calculada logo após este ataque é multiplicada por 1.5 e determina a freqüência de corte de um filtro passa-baixa aplicado ao sinal de áudio a ser modulado; o envelope de amplitude controla dinamicamente o índice de modulação.

<sup>79</sup> Os gongos tailandeses (ou *nipple gongs*) devem ter as seguintes alturas: dó4, fá4, fá#4, sol4, sol#4, si4 e do#5.

Outro recurso explorado nessa seção é a utilização de acordes de 4 notas no vibrafone, cujas alturas se aproximam dos componentes espectrais de uma modulação vizinha. Na figura 6 pode-se ver uma dessas situações, onde o lá4 modulado pelo sol#3 é seguido por um acorde que lembra a sonoridade dessa modulação.



Figura 6: Último pentagrama da segunda seção, onde um lá modulado em freqüência é seguido por um acorde de sonoridade semelhante.

A terceira seção é construída a partir de 22 frases musicais variadas, que são exploradas em *loops* com permutação. Os principais aspectos dessa implementação já foram discutidos mais acima. É sempre mantida uma superposição de dois desses *loops*, e são também previstas intervenções improvisadas ao longo dessa sucessão de frases. A duração total da seção é deixada a critério do intérprete, que deve cuidar da condução musical geral, tomando decisões sobre o número de repetições de cada frase e de cada superposição, além dos materiais e da duração de suas próprias intervenções. O pedal *sustain* assume aqui uma dupla função: um primeiro acionamento inicia a gravação do próximo *loop*, enquanto o acionamento seguinte deve marcar exatamente o final da duração do último evento da frase.

Figura 7: *Loops* iniciais da terceira seção. As quatro notas da primeira frase passam a ser repetidas com permutação logo após sua execução. As três notas da primeira frase seguem o mesmo princípio, e o intérprete deve cuidar para que as duas frases soem em “contratempo”.

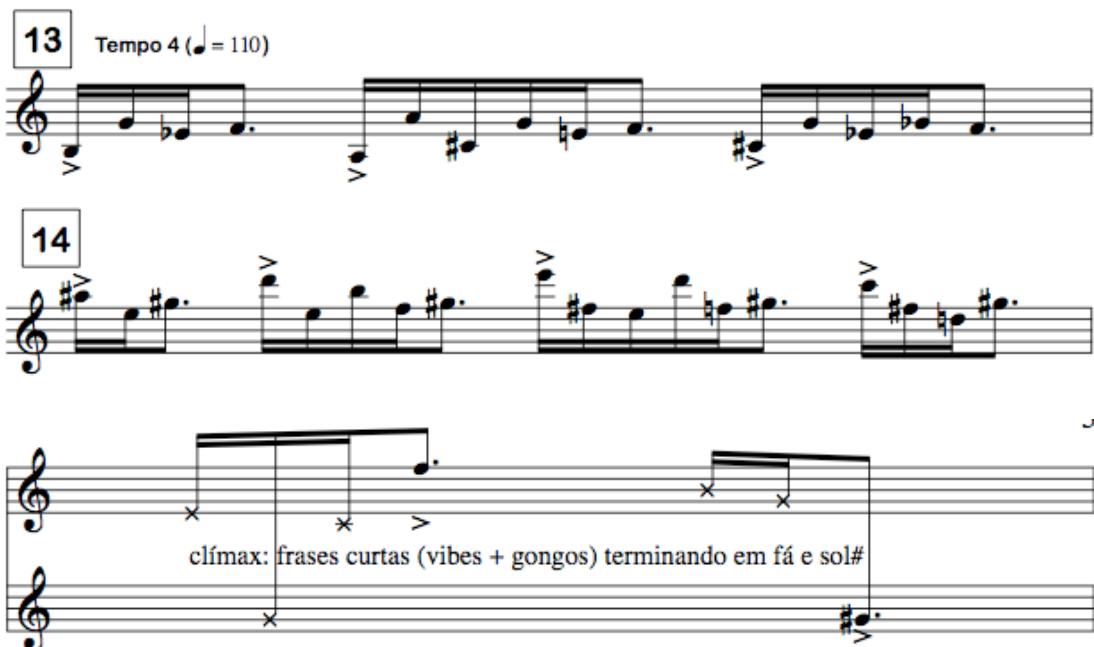


Figura 8: Loops 13 e 14 da terceira seção de Anamorfoses, que preparam o clímax da peça, improvisado nos vibrafone e nos gongos sobre a permutação desses loops.

Em alguns momentos dessa seção, é utilizada a modulação em amplitude dos sons do vibrafone (seja direto ou nos *loops*), o que também os faz aproximar dos sons dos gongos. As freqüências escolhidas são para esta modulação são: 246.94 Hz (si3), 261.63 Hz (dó4), 493.88 Hz (si4), 523.25 Hz (dó5).

## Demandas da interpretação

Na peça Anamorfoses, o intérprete é responsável pela efetiva integração entre os sons instrumentais e eletroacústicos, processo que se dá em diferentes níveis. Primeiramente, no equilíbrio geral de timbres e intensidades. Em segundo lugar, ele deve trabalhar para que a programação esteja apta a “compreender” alguns de seus gestos instrumentais: acionamentos de pedal, ataques específicos, alturas de determinadas notas. E finalmente, a atuação do intérprete é também fundamental para a definição dos fraseados, da continuidade das seções e de suas transições.

Na primeira seção, a determinação dos momentos exatos de se apertar o pedal de sustentação de cada uma dos três estratos que se superpõem, aliada ao controle da ressonância artificial daí resultante, são fundamentais para um fraseado coerente. Na segunda seção, o controle dos pedais (do vibrafone e o eletrônico) e o cuidado com a correta detecção de ataques e alturas devem se tornar gestos intrínsecos da execução. Por sua vez, a condução da terceira seção depende totalmente do intérprete, que deve estar suficientemente seguro do funcionamento da parte eletroacústica (pedal, detecção de ataques, permutação dos *loops*)

para que possa se concentrar nas partes improvisadas e no fraseado geral da seção.<sup>80</sup>

Para que isso aconteça, é necessário que um número razoável de ensaios sejam realizados com o equipamento completo. É necessária uma microfonação do vibrafone o mais equilibrada possível em toda sua extensão, e que ao mesmo tempo evite uma captação significativa dos sons que saem das caixas acústicas. As seções 2 e 3 demandam uma regulagem precisa dos parâmetros do objeto *fiddle~*: detecção de ataques em diferentes dinâmicas, detecção de frequências fundamentais de alguns sons e de seu envelope dinâmico, que devem ser ajustados durante os ensaios. A seção 2 ainda demanda um ajuste fino dos índices de modulação prescritos para cada frequência moduladora.

## Considerações finais

A peça é fruto de uma intensa colaboração entre o compositor e o intérprete, que se deu em momentos variados de sua concepção e realização. Os primeiros encontros serviram para selecionar as idéias musicais (envolvendo sons acústicos e eletrônicos) que deveriam ser desenvolvidas e/ou aperfeiçoadas, através da avaliação de seu grau de dificuldade/viabilidade. Posteriormente (já à distância), foram feitos vários ajustes e modificações na programação eletroacústica de cada seção, a partir de demandas surgidas nos ensaios, além de pequenas alterações na partitura. Por fim, definiu-se um *patch* completo para performance.

Apesar de bastante pré-determinada (partitura e programação definidas), a peça demanda do intérprete um grande envolvimento com a proposta, pois uma realização satisfatória exige muito mais do que uma boa leitura e precisão técnica no instrumento. Trata-se mais de um trabalho de co-autoria, onde o intérprete deve ter a liberdade de criticar e propor alternativas à medida em que se familiariza com a proposta. Esse vai-e-vem entre concepção, programação e performance não deve ser encarado como um problema, mas sim como uma das características básicas de propostas musicais interativas.

## Bibliografia

- Chowning, J. M. (1973). "The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation", Journal of the Audio Engineering Society 21(7): 526-534.
- Freire, S. (2003). "cvq: entre o meta-instrumento e a pseudo-obra". Anais do IX Simpósio Brasileiro de Computação e Música pp. 271-276. Campinas. (disponível em [www.musica.ufmg.br/~sfreire](http://www.musica.ufmg.br/~sfreire))

---

80 Uma dificuldade adicional – presente em toda a peça – é dada pela presença de mais um pedal (o *sustain* da parte eletroacústica) para a execução ao vibrafone.

- Freire, S. (2005). "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.
- Puckette, M. e T. Apel, (1998). "Real-time audio analysis tools for PD and MSP". Proceedings of the ICMC 1998. San Francisco: International Computer Music Association, pp. 109-112.
- Schaeffer, P.(1966). *Traité des Objets Musicaux*. Paris: Seuil.
- Tempelaars, S. (1996). *Signal Processing, Speech and Music*, Lisse: Swets & Zeitlinger.