

Do “T” ao “C”: 10 anos de desenvolvimento de *software* musical na Paraíba (1997-2007)

Ernesto Trajano de Lima

Resumo: Este artigo descreve as atividades de desenvolvimento de *software* musical realizadas pelo GMT em seus 10 anos de existência. Destaque é dado aos *softwares* *SOAL* e *SOS*. O primeiro, *SOAL*, é o principal resultado do grupo neste âmbito, e conta, inclusive, com distribuição mundial pelo *IRCAM*. Já *SOS* é um protótipo para o problema da segmentação, tendo mostrado resultados promissores. Além das atividades já realizadas, o artigo também descreve as perspectivas de desenvolvimento futuras.

Palavras-chave: GMT. *Mus*³. *SOAL*. *SOS*. Desenvolvimento de *software* musical.

From “T” to “C”: 10 years of musical software development in Paraíba (1997-2007)

Abstract: This paper describes the software development activities of the GMT. Our main achievements, *SOAL*, an internationally distributed analysis library, and *SOS*, a promising prototype for the segmentation problem, are the main focus. Future developments in this research area are also described.

Keywords: GMT. *Mus*³. *SOAL*. *SOS*. Musical software development.

Introdução

Como se pode ver ao longo dos artigos publicados nesta edição de *Claves*, uma das principais atividades do GMT é a análise da música do século XX. Debussy, Boulez, Schönberg, Stockhausen, Lachenmann, Villa-Lobos, Almeida Prado, Berio; franceses, alemães, brasileiros, italianos e tantos outros mais foram, durante 10 anos, esmiuçados por pesquisadores interessados em descobrir como tais compositores articulam suas idéias (ou seriam ideais?) musicais. Nada mais natural a ser feito em um Departamento de Música, *n'est-ce pas?*

Desde o início, entretanto, uma outra faceta do grupo, pouco usual dado o contexto onde ele se inseria (e continua a se inserir), aos poucos se revelava: o desenvolvimento de *softwares* de apoio às atividades analíticas. Tal faceta, diretamente ligada às propostas iniciais de interdisciplinaridade e guiada pela necessidade de *softwares* especializados, foi abraçada pelo grupo e, a despeito de todas as adversidades, acabou rendendo excelentes frutos, como, espero, se perceberá no decorrer do presente artigo.

As seções seguintes descrevem em maiores detalhes os *softwares* produzidos pelo GMT durante os dez anos de sua existência.

SOAL: Sonic Object Analysis Library

Mesmo antes da existência do GMT, seu fundador e coordenador, o Prof. Dr. Didier Guigue, sabia que um simples editor de textos não seria suficiente para que suas pesquisas rendessem bons resultados. Desenvolveu, assim, durante sua tese de doutorado, um conjunto de funções analíticas, utilizando, para tanto, o antigo ambiente de desenvolvimento musical *PatchWork* do *IRCAM* (MALT, 1996). Tais funções foram

essenciais para os resultados de sua tese, já que as análises nela desenvolvidas e apresentadas foram construídas a partir dos resultados obtidos com a sua aplicação.

Foi justamente com base nessas funções que a biblioteca *OpenMusic SOAL (Sonic Object Analysis Library)* (GUIGUE, 2003) foi criada. Iniciada por mim como um “porte”¹ das funções implementadas em *PatchWork* para o ambiente *OpenMusic* (HADDAD, 1999), *SOAL*, desde então, tem sido ampliada e melhorada, tendo praticamente todos os integrantes do grupo contribuído de alguma forma para o seu desenvolvimento, seja com a implementação de novas funções analíticas (realizada pelos integrantes de orientação mais “computacional”), seja com o provimento de idéias para novas funções ou com o uso das funções implementadas em suas análises (os de orientação mais “musical”).

A biblioteca está organizada em torno dos eixos de análise de um objeto sonoro, a saber: o eixo acrônico ou *espacial* e o eixo diacrônico ou *temporal*. As funções que analisam aspectos do primeiro eixo se utilizam das informações de alturas de notas (*pitch*s) e intensidades (*velocity*), desprezando qualquer tipo de informação temporal.² Já as funções de análise do segundo eixo processam as durações individuais das notas e seus *onsets* (instantes nos quais os ataques das notas acontecem), o que resulta em informações relativas à distribuição temporal das notas.

A Figura 1 mostra como a biblioteca *SOAL* se encontra organizada. Nas pastas *achronic analysis* e *diachronic analysis*, as primeiras subpastas agrupam funções que tratam do âmbito relativo de um objeto sonoro, considerando os espectros de alturas (*spatial analysis*) e temporal (*span analysis*) em sua totalidade. Já as segundas subpastas reúnem funções que informam como os objetos sonoros estão preenchendo este âmbito, seja ele espacial (*spatial filling analysis*) ou temporal (*analysis per onset*).³

¹ O termo “porte” vem de portar (do inglês “to port”). Na computação significa reimplementar ou reprogramar um determinado aplicativo, sistema ou biblioteca para uma plataforma diferente da originalmente utilizada. Assim, foi necessário reimplementar as funções *patchwork* dentro de *OpenMusic*, isto é, portá-las de *PatchWork* para *OpenMusic*.

² Isto é feito simplesmente trazendo todas as notas para um mesmo ponto no eixo do tempo.

³ Pode-se dizer que o comportamento temporal funciona como um modulador da estrutura espacial de um objeto sonoro.

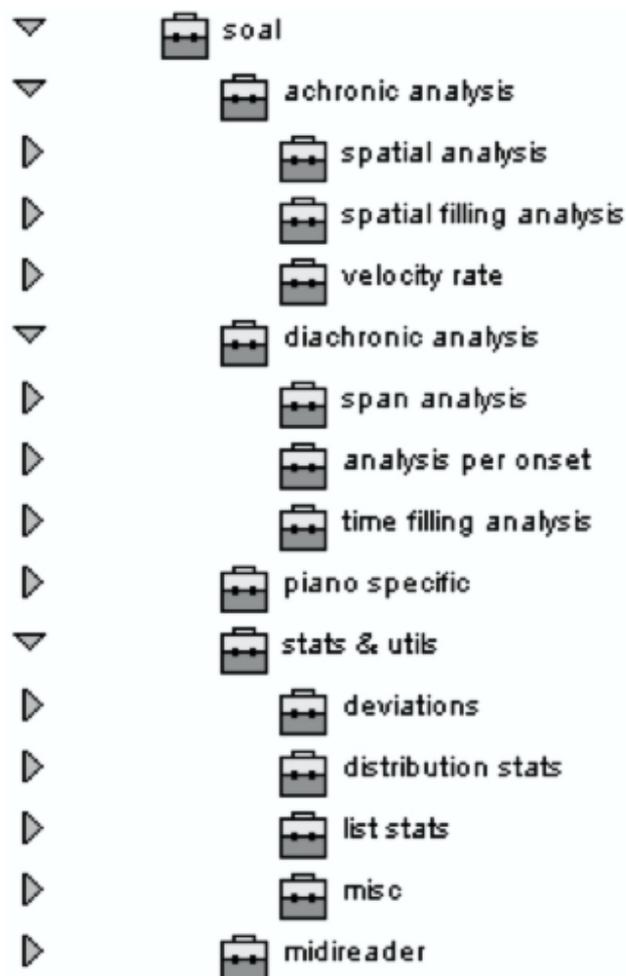


Figura 1 – Organização da biblioteca SOAL.

Como pode ser visto na Figura acima, além das funções relativas aos eixos espacial e temporal, outras funções também são fornecidas ao usuário. A pasta *piano specific*, por exemplo, contém uma seleção de funções otimizadas para a análise de música para piano. Já na pasta *stats & utils* oferece-se ao usuário uma coleção de funções genéricas para propósitos de análise estatística e matemática, incluindo, entre outras, diversos modelos de cálculo do desvio padrão e de distribuição otimizados para dados musicais. A pasta *analysis per onset* (sub-pasta de *diachronic analysis*) contém funções que analisam aspectos espaciais (acrônicos) de cada um dos *onsets* da obra, funcionando como uma espécie de implementação experimental da segmentação de arquivos MIDI.⁴ Finalmente, na pasta *midireader*, encontra-se a função de leitura de arquivos MIDI de entrada, que exhibe os dados destes arquivos já no formato esperado por todas as outras funções da biblioteca.

O processo de análise em si é bastante simples e consiste, basicamente, em conectar as diferentes funções da biblioteca de acordo com o que se pretende analisar, criando um fluxo onde o resultado da avaliação de uma certa função serve como entrada para a avaliação de outra, como está ilustrado na

⁴ Vide próxima Seção para maiores informações sobre a pesquisa em segmentação realizada pelo grupo.



Figura 2. No exemplo, cinco arquivos MIDI diferentes, cada um representando cinco trechos (páginas de 1 a 5, na verdade) da obra *25 pages for 25 pianos* de Earle Brown (BROWN, 1975), são analisados pela função *spatial-density*, que calcula a densidade espacial relativa, isto é, um número que representa quanto do âmbito teórico máximo é “preenchido” pelo objeto. Como *SOAL* integra o ambiente *OpenMusic*, funcionalidades deste ambiente também podem ser utilizadas nas análises, como é o caso, no exemplo, do gráfico contendo a visualização dos resultados.

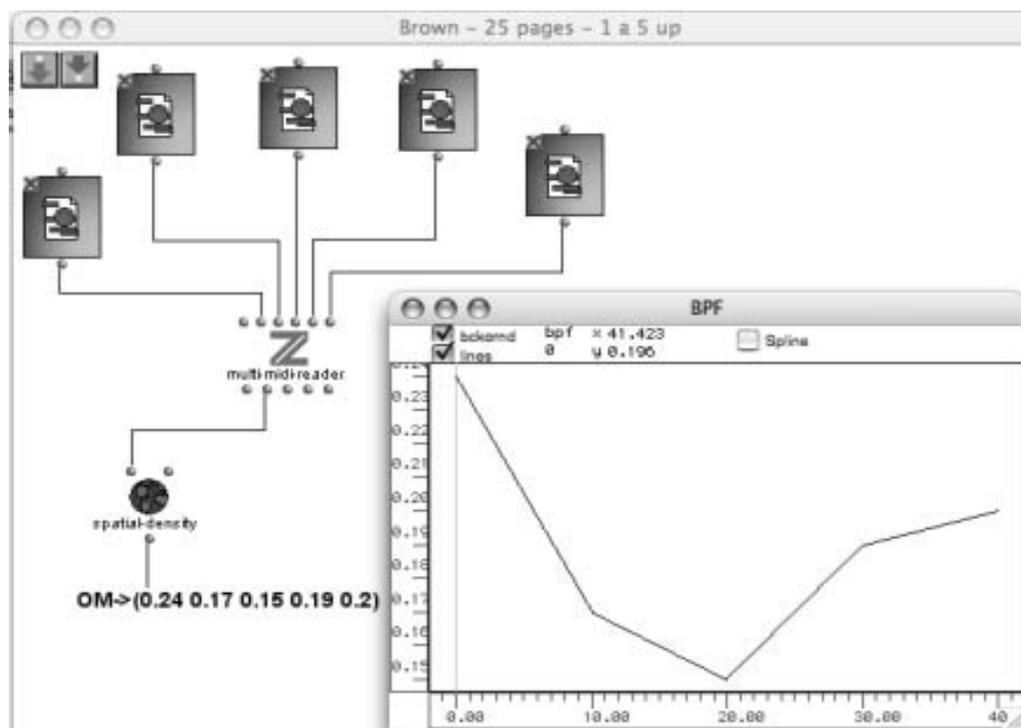


Figura 2 – Análise da densidade espacial das cinco primeiras páginas da obra.

Para uma correta interpretação dos valores numéricos obtidos com a avaliação das funções da biblioteca, é necessário entender que todos os valores se encontram normalizados entre 0,0 e 1,0. Isto significa que o objeto mais simples, em qualquer uma das funções de análise, possuirá valor zero, enquanto que o objeto mais complexo resultará em um valor igual a 1. Desta forma, na função supra citada (*spatial-density*), a avaliação de um *cluster* com o total cromático resultaria em densidade espacial igual a 1, uma vez que todo o espaço do objeto encontrar-se-ia preenchido.

Obviamente, os valores em si, ainda que fundamentais, não representam análises. São apenas insumos para que elas possam ser construídas, cabendo ao analista interpretá-los de maneira adequada.⁵ No exemplo acima, um intérprete poderia utilizar os dados obtidos para traçar uma espécie de plano ou estratégia interpretativa, montando a execução de maneira tal a salientar algum aspecto dos resultados, como, por

⁵ Analistas, tranquilizai-vos! Vosso papel é essencial no processo.

exemplo, uma interpretação onde a seqüência dos trechos resultaria em um aumento gradual da densidade espacial, ou na sua diminuição, ou em alternâncias, etc.

Faço notar, ainda, que o exemplo acima é meramente ilustrativo e, caso o leitor assim o deseje, poderá verificar resultados analíticos mais consistentes obtidos com o auxílio da biblioteca conferindo resultados já publicados, uma vez que *SOAL* tem sido utilizada intensivamente nos trabalhos do grupo.⁶

Por fim, saliento que *SOAL* integra a distribuição mundial das ferramentas do *Fórum IRCAM*,⁷ constituindo-se, certamente, no principal *software* desenvolvido até o momento pelo GMT.

SOS: *Sonic Object Segmentator*

Note o leitor que, para a utilização de *SOAL*, é necessário que o analista já possua os objetos sonoros da obra a ser analisada previamente identificados. Considerando que o analista, *a priori*, não pretende realizar apenas uma análise ou mesmo analisar uma única composição, pode-se imaginar que ele dedique um tempo considerável à delimitação de tais objetos sonoros. Desta forma, um *software* que o auxiliasse nesta tarefa seria muito bem-vindo.

À tarefa de repartir uma obra musical em partes menores, como os objetos sonoros, dá-se o nome de segmentação. Vejamos o que Cook nos tem a dizer sobre ela: “exceto por detalhes finais de interpretação, tudo na análise [musical] depende da segmentação, uma vez que é nela que todas as decisões musicais são feitas” (COOK, 1994).⁸ Trata-se, portanto, de uma tarefa fundamental da análise musical, orientada a objetos ou não. Infelizmente (ou felizmente, diria um cientista!), trata-se também de um problema cuja solução automatizada é bastante complexa (TRAJANO DE LIMA, 2001).

Tendo como motivação a necessidade de uma ferramenta que automatizasse o processo de segmentação dos objetos sonoros, e levando em consideração as dificuldades inerentes dessa tarefa, desenvolvi, durante meu mestrado, um protótipo, chamado SOS (*Sonic Object Segmentator*), capaz de segmentar um arquivo MIDI de acordo com a teoria dos objetos sonoros.

Na Análise Orientada a Objetos Sonoros, a quebra de continuidade ou *ruptura* em um dos parâmetros que compõem o objeto sonoro é uma indicação forte da existência de uma nova unidade estrutural, isto é, de um novo objeto sonoro. Ainda que a metodologia prescreva um critério de segmentação claro, muitas vezes a complexidade de análise dos componentes onde tais rupturas podem acontecer pode ser demasiadamente complexa (a orquestração é exemplo). Desta maneira, para diminuir a complexidade de construção de um primeiro protótipo, construí, para a segmentação, um modelo mínimo da Análise Orientada a Objetos Sonoros. Esse modelo é formado por cinco componentes ou parâmetros: silêncio (interrupção do som), densidade absoluta de notas, dinâmica (intensidade), registro e pedal.⁹

⁶ Só para citar um exemplo, o leitor pode conferir resultados do uso da biblioteca em um dos últimos trabalhos publicados por membros do grupo (GUIGUE & ONOFRE, 2007).

⁷ Acessar a página <http://forumnet.ircam.fr/> (menu *OpenMusic*) para maiores informações.

⁸ A tradução desse trecho é minha.

⁹ Este último componente existe, pois o modelo está restrito à música do Séc. XX para piano.



Além deste modelo mínimo, defini também um *processo de segmentação*, isto é, um conjunto de passos que resultam na segmentação de uma obra musical, a saber: macro-segmentação, proto-segmentação e micro-segmentação. Em primeiro lugar, realiza-se a macro-segmentação. Nela, o *software* analisa se existem rupturas de continuidade nos parâmetros silêncio e pedal, nesta ordem. Seu resultado, portanto, indica marcas de alto nível na estrutural musical. Em seguida, realiza-se a proto-segmentação, que consiste em identificar possíveis rupturas de continuidade, rupturas estas que serão efetivadas ou não no terceiro e último passo do processo, a micro-segmentação. Nesta última etapa, os outros três parâmetros do modelo mínimo (intensidade, registro e densidade absoluta de notas) são analisados levando-se em consideração os pontos (possíveis rupturas) identificados na fase de proto-segmentação. A Figura 3 ilustra o processo de segmentação como um todo.

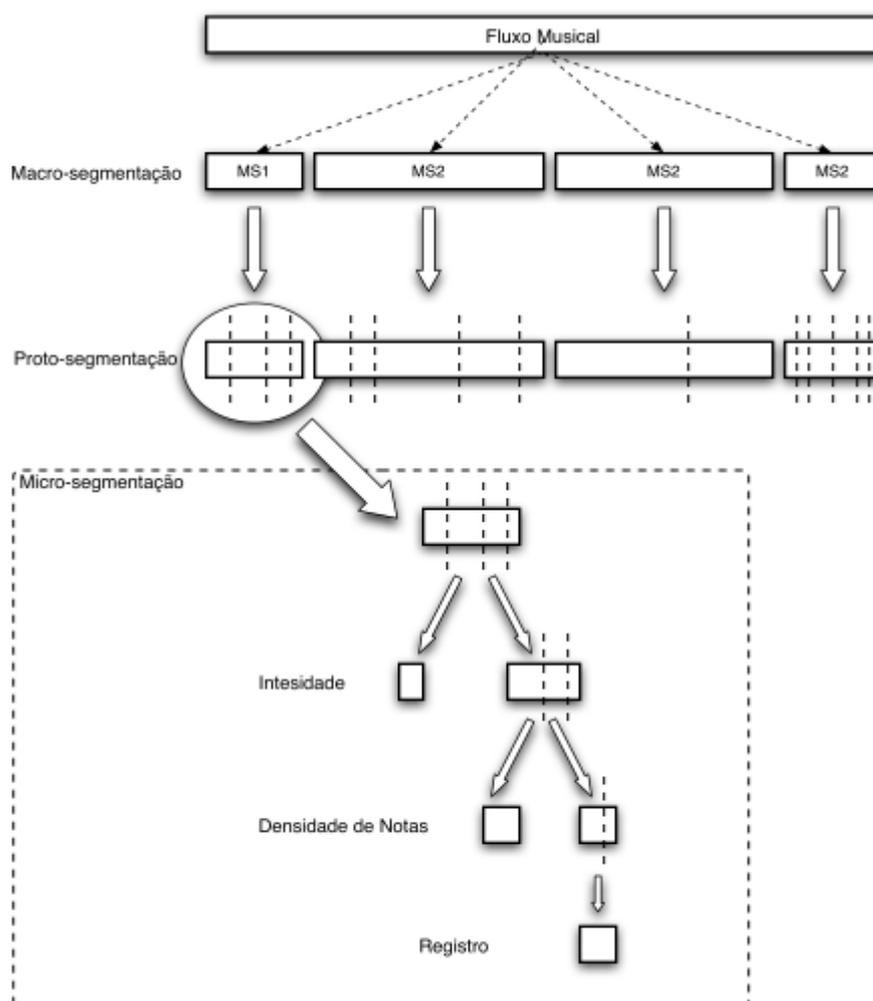


Figura 3 – Exemplo hipotético de segmentação.

Tecnologicamente, o protótipo foi implementado utilizando como base o conceito de agente inteligente (RUSSEL & NORVIG, 2003): *grosso modo*, trata-se de um *software* autônomo, capaz de tomar decisões e interagir com outros agentes inteligentes. Em SOS, existe um agente para cada um dos parâmetros de

análise, isto é: um agente silêncio, um agente pedal, e assim por diante. Cada um deles é capaz de decidir se num determinado momento existe ou não uma ruptura no parâmetro que ele representa. O sistema possui, ainda, um sexto agente, denominado agente mediador, que é responsável pela coordenação das ações e interações dos outros agentes. Além disso, este agente é responsável pela interação do sistema com o especialista humano.¹⁰

O resultado do processo é uma árvore de segmentação e pode ser visualizado na Figura 4. Cada um dos objetos sonoros encontrados pelo sistema é transformado em um arquivo MIDI que pode ser posteriormente utilizado pela biblioteca *SOAL*.

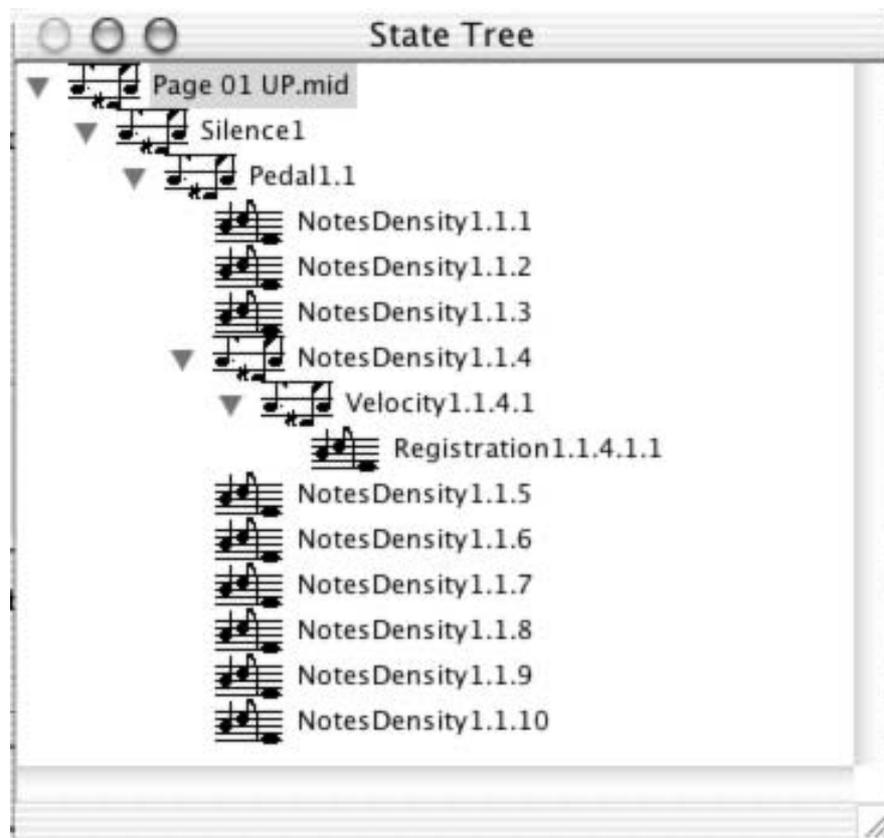


Figura 4 – Janela com o resultado da segmentação obtido por SOS.

Outros Softwares

Em uma *joint venture* com o pesquisador italiano Giovanni Grosskopf, o GMT também participou no desenvolvimento do *software* NTA (*Non-Tonal Analysis*), ferramenta construída sobre o ambiente Max (OPCODE, 1995). De maneira semelhante a *SOAL*, NTA permite a análise de variados aspectos de um objeto sonoro. Nesta colaboração, coube ao GMT identificar funções da biblioteca *SOAL* que pudessem integrar o *software*, além de auxiliar o pesquisador italiano na implementação destas funções, já que implementações nos ambientes Max e *OpenMusic* não são intercambiáveis. Além do *software* em si, resul-

¹⁰ Em certas ocasiões, pode não ser possível aos agentes decidirem por uma ou outra segmentação. Cabe ao agente mediador intermediar a ação do especialista humano, comunicando aos outros agentes qual seria a segmentação correta.



tou desta colaboração uma artigo apresentado na *International Theoretical Conference “Compositional principles, theory and practice”* (GROSSKOPF et al., 2001).

Por fim, o desenvolvimento de softwares dentro do GMT não se restringiu unicamente às atividades analíticas. Muito antes da “Laptop Music” do Log3, o GMT já começava a enveredar pelo lado “artístico”, trabalhando em um projeto que tratava da simulação da execução da obra *25 pages for 25 pianos* de Earle Brown (BROWN, 1975). Neste projeto (GUIGUE & GOMES DE ANDRADE, 2001), construiu-se um *software* que permite ao usuário montar uma execução da obra, situando diferentes pianos em um palco virtual e atribuindo a esses instrumentos uma certa seqüência de páginas, assim como a duração de cada página selecionada. O *software* então processa essas informações e executa a obra de acordo com as instruções fornecidas.

Conclusões e perspectivas futuras

O desenvolvimento de *software* dentro do GMT, ainda que não se constitua na atividade fim do grupo, tem lhe proporcionado resultados diversos e interessantes. O principal, e certamente de utilidade mais imediata, são os *softwares* criados por seus integrantes, que são tanto utilizados internamente quanto disponibilizados para a comunidade científica em geral. Outros resultados, menos tangíveis talvez, mas não por isso menos interessantes, estão na interação do grupo com outras áreas do conhecimento e na formação de alunos e futuros profissionais e pesquisadores. Tenho certeza que um ambiente multidisciplinar e aberto a novas idéias, como é o GMT, teve e tem influência extremamente positiva na formação de todos os integrantes do grupo, os que por aqui passaram e os que aqui ainda se encontram.

Atualmente, o grupo possui duas frentes de trabalho. A primeira delas é o desenvolvimento de *SOAL* no ambiente *OpenMusic*. Aqui, a idéia é lançar, em curto prazo, uma espécie de versão final da biblioteca neste ambiente. Tal versão conterà todas as funções analíticas já implementadas, assim como novas funcionalidades que se encontram “no forno” (a já citada funcionalidade de segmentação de arquivos MIDI sendo uma delas) e correções de erros já relatados pelos usuários. O GMT passaria, então, apenas a manter *SOAL*, corrigindo eventuais problemas e todos os esforços se concentrariam na segunda frente de trabalho, que é a implementação de um ambiente próprio e autônomo para a Análise Orientada a Objetos Sonoros. Este ambiente autônomo seria a junção de *SOAL* e *SOS*, livrando o usuário da necessidade de possuir *OpenMusic* para poder usar suas funcionalidades.

Espero que este artigo tenha dado ao leitor uma boa idéia do que se tem feito dentro do GMT no âmbito do desenvolvimento de sistemas de apoio às atividades de análise musical. E, agora, que o “T” de tecnologia transformou-se em “C” de computação, espero que o desenvolvimento continue com mais força, e que maiores e melhores resultados sejam alcançados.

Agradecimentos

A todos os que estão no GMT e a todos os que por lá passaram. Ainda que eu assine o presente artigo, todos eles foram fundamentais para que ele exista.

Agradeço também a Klebson Silva, Cristiana Gomes e Hyggo de Almeida e, em especial, a meu orientador de mestrado Evandro Costa, que não integraram o GMT, mas foram essenciais para a realização de SOS.

Referências bibliográficas

- BROWN, Earle. **Twenty five Pages for 1 to 25 Pianos**. Universal Edition, Toronto, 1975.
- COOK, Nicholas. **A Guide to Musical Analysis**. Oxford: Oxford University Press, 1994.
- GROSSKOPF, Giovanni; GUIGUE, Didier; TRAJANO DE LIMA, Ernesto. Modern harmony: timbre instead of harmonic functions? Tracing or building new functionalities through the use of the GMT music analysis tools. Artigo apresentado na **International Theoretical Conference ‘Compositional principles, theory and practice’** (anais não publicados), Vilnius, 2001.
- GUIGUE, Didier. **Sonic Object Analysis Library—User’s Manual**. João Pessoa: GMT – Grupo de Música, Musicologia e Tecnologia Aplicada, 2003.
- GUIGUE, Didier; e GOMES DE ANDRADE, Fábio. Earle Brown’s “25 pianos”: a web interactive implementation. Em **Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Computação Musical**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Computação (SBC), volume 1, p.776–783, 2001.
- GUIGUE, Didier; ONOFRE, Marcílio. Sonic complexity and harmonic syntax in *Sequenza IV* for piano. Em HALFYARD, Janet K. (ed.), **Berio’s Sequenzas – Essays on Composition, Performance, Analysis and Aesthetics**. Aldershot: Ashgate, capítulo 12, p. 209-232, 2007.
- HADDAD, Karim. **OpenMusic: User’s Manual and Reference**. Paris: IRCAM, 1999.
- MALT, Mikhail. **PatchWork: Reference**. Terceira edição. Paris: IRCAM, 1996.
- OPCODE SYSTEMS. **MAX Reference Manual**. Palo Alto, 1995.
- RUSSEL, Stuart J.; NORVIG, Peter. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Englewood-Cliffs: Prentice Hall, 2003.
- TRAJANO DE LIMA, Ernesto. **Segmentação automática de fluxos musicais: uma abordagem via multi-agentes**. Dissertação de mestrado. Campina Grande: UFPB/CCT/COPIN, 2001.
- TRAJANO DE LIMA, Ernesto; GUIGUE, Didier; COSTA, Evandro; et al. SOS: A tool for the automatic segmentation of musical flows. Em **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Computação Musical (SBCM’03)**, Campinas: Sociedade Brasileira de Computação (SBC), p. 2867–2874, 2003.

Ernesto Trajano de Lima é Bacharel em Música (piano) pela UFPB e Doutor em Ciência da Computação pela UFPE. Integra o *Mus³* (antigo GMT) praticamente desde sua fundação, época na qual o laboratório do grupo funcionava no bairro do Cabo Branco/João Pessoa, na residência do seu coordenador. Seus interesses de pesquisa situam-se nas intersecções entre a computação e música, em especial na análise musical assistida por computador.