

AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO EM HARMONIA: UM AMBIENTE DE APRENDIZAGEM

Luciênio de M. TEIXEIRA

UFPB - CH - DART - LIAA
Av. Aprígio Veloso s/n — 58.109-970 Campina Grande - PB
Fone: (+55) (+83) 333-1000 R.135 e_mail: lucienio@dsc.ufpb.br

Evandro de BARROS COSTA

UFAL - CCEN - MAP
Campus A.C.Simões, Tabuleiro dos Martins — 57000-000 Maceió - AL
Fone (+55) (+82) 322-2406 e_mail: evandro@dcc.ufal.br

Carlos Alan PERES DA SILVA

UFPB - CH - DART - LIAA
Av. Aprígio Veloso s/n — 58.109-970 Campina Grande - PB
Fone: (+55) (+83) 333-1000 R.135 e_mail: peres@brufpb2.bitnet

Edilson FERNEDA

UFPB - CCT - DSC
Av. Aprígio Veloso s/n — Cx.Postal 10.106 — 58.109-970 Campina Grande - PB
Fone: (+55) (+83) 333-1929 — e_mail: edilson@dsc.ufpb.br

RESUMO

O interesse maior deste trabalho é analisar as etapas de aprendizagem de um aluno artificial (máquina), seu processo de interação com um professor humano (especialista) e a sua evolução ativa, bem próxima do raciocínio empírico do especialista e a sua aplicação no domínio da Harmonia Musical, mostrando um sistema de aquisição do conhecimento baseado na aprendizagem humana. A aquisição de conhecimento é incremental de acordo com a troca de informações entre os diversos agentes que compõem o protocolo de aprendizagem MOSCA.

ABSTRACT

This paper is concerned with analysing the learning steps to be used by an artificial student (a machine), its interaction with a human teacher (an expert), and its active evolution towards a closer representation of the expert's empirical reasoning. All of this, leads to a knowledge acquisition system reflecting the way we acquire our knowledge. The system is illustrated by an application to the domain of Musical Harmony. The knowledge acquisition is incremental, in accordance with the exchange of information between the several agents composing the learning protocol named MOSCA.

INTRODUÇÃO

Quando falamos em aprendizagem, consideramos a existência de dois agentes: um aprendiz e um professor. Nesse processo de aprendizagem consideramos o papel do aprendiz como sendo desempenhado ora por uma máquina, ora por um humano, devendo os dois agentes interagirem e cooperarem no sentido de:

- (i) captar e processar informações;
- (ii) organizar dados;
- (iii) apreender e relacionar conceitos;
- (iv) perceber e resolver problemas;
- (v) criar conceitos e soluções (McDonald, 1965).

Esta visão privilegia o aspecto cognitivo do ser humano e esta abordagem será considerada como ideal para o ambiente de aprendizagem que propomos.

Neste ambiente, o papel de professor será desempenhado por um humano (especialista) e o aprendiz será representado pela máquina. O processo possui duas partes distintas:

- (i) a fase de aquisição de conhecimento da máquina, com a presença de especialistas no domínio de conhecimento e em pedagogia, e
- (ii) a fase de transmissão de conhecimentos.

Neste trabalho, vamos nos limitar à primeira fase. A segunda fase depende fortemente da primeira, e será o momento em que a máquina passa a desempenhar o papel de professor (ambiente tutorial).

Em nosso domínio de conhecimento, a Harmonia, propomos uma abordagem que tem por objetivo não o tratamento apriorístico (mais comumente apresentada nas salas de aula), como se a mesma fosse uma linguagem universal, mas uma concepção da Harmonia como fenômeno cultural (Kaplan, 1991), onde cada período da história da música ocidental é determinado por uma prática harmônica própria com suas características específicas. Nesta abordagem, incluímos as regras propriamente ditas da Harmonia e, posteriormente, os conceitos estéticos intimamente relacionado com a ampliação do campo auditivo percebido pelo ser humano (Ferneda, Peres da Silva, Teixeira & Silva, 1994).

Para tanto, faz-se necessário que a máquina possua um mínimo de conhecimento (estruturado e bem representado), que evolua a partir de novas informações ou através de críticas e que seja adequado para o reconhecimento de diversos contextos do domínio. A aprendizagem da máquina ocorre através do fornecimento de exemplos e de explicações, dentro de um processo dialógico.

Após apresentar brevemente o domínio de conhecimento, mostraremos como a proposta de construção de conhecimento de acordo com um diálogo entre os agentes envolvidos no processo de ensino/aprendizagem é adequada ao domínio da Harmonia. Esse diálogo é estruturado dentro do protocolo de aprendizagem denominado MOSCA (Reitz, 1992), o qual considera um esquema de negociação no diálogo. (Baker, 1992; Billet-Coat, Reitz, Hérin-Aimé & Guin, 1993; Billet-Coat, 1994)

HARMONIA: UMA VISÃO CONTEXTUAL

O estudo da teoria musical, é similar ao estudo de qualquer linguagem, pois analogamente nos debatemos com aspectos de vocabulário, gramaticais, sintaxe e de retórica de gramática. Para tal, é necessário termos uma visão histórica que contempla os principais problemas da música em determinada época (Kerman, 1987).

Fica bem claro que, um aluno de Harmonia que estude utilizando somente baixos e melodias dadas raras exceções, terminará se tornando apenas um hábil condutor de vozes, conseqüentemente, incapaz de uma obra musical que possua uma estrutura harmônica lógica e coerente (Schoenberg, 1979). É evidente

tipo de abordagem nada esclarece com relação à Estruturação Tonal, real objetivo do estudo harmônico, bem como nas suas relações dinâmicas entre os acordes.

Um exemplo bem simples, é a questão de consonância e dissonância. Estas definições, não são pura e simplesmente, uma rotulação "abstrata" para definir sons agradáveis ou desagradáveis; não possuem unicamente relações físico-matemática intrínsecas. Mesmo as correntes que defendem a relação desses conceitos com a distância entre os graus na sucessão dos harmônicos, concordam que, na realidade, o ouvido é quem amplia ou não, as fronteiras de tais rótulos. O que em uma determinada época era ouvido como um intervalo dissonante, na época seguinte passa a ser assimilado pelo ouvido, tornando "suave" o que era, até então considerado "áspero" (Kaplan, 1991).

Isto torna bem claro que estes conceitos são relativos e que o correto é buscar saber como tal intervalo era considerado em um determinado período. Na Figura 1 podemos visualizar as maneiras com as quais os compositores iam acostumando o ouvido às "dissonâncias".

Inicialmente a nota dissonante aparecia no acorde anterior como consonante, era mantida na mesma altura e voz no acorde posterior, seguindo e resolvendo em um acorde consonante (Figura 1a).

Com o uso seguido o ouvido já começa a se acostumar com o novo acorde, permitindo o uso do mesmo sem preparação (Figura 1b), pois já não existe um desconforto auditivo com a mesma intensidade anterior. O passo seguinte é a não necessidade de preparação e nem de uma resolução consonante (Figura 1c).

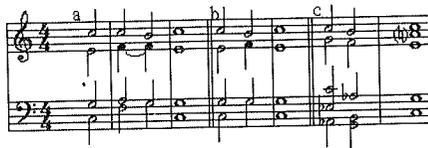


Figura 1: Exemplo de tratamento para as dissonâncias

Este tipo de estudo permite ao aluno não só conduzir as vozes mas, dentro de um contexto histórico, determinar, não apenas qual a época, como também classificar as dissonâncias como tais ou como dissonâncias em transição (Kaplan, 1991).

Um outro ponto que deve ser levado em consideração, além da parte formal (regras), diz respeito às questões Estéticas e de Percepção de forma a capacitar o aprendiz (máquina) para o reconhecimento, análise e construção de exemplos. A Estética leva em consideração a construção de uma estrutura harmônica lógica e coerente (Schoenberg, 1979; Ferneda, Peres da Silva, Teixeira & Silva, 1994). Evidentemente tal questão é formalizada através das regras, ficando as exceções por conta das quebras de estilo e forma próprias da criação. A Percepção, como já foi comentado acima, contribui de maneira muito sutil na aceitação de determinadas sonoridades.

O PROTOCOLO MOSCA

Nesta seção, apresentaremos a estrutura do protocolo de aprendizagem MOSCA (Reitz, 1992) e o esquema de diálogo proposto sobre esse protocolo.

MOSCA é um modelo de interação composto de cinco papéis: o MESTRE, o ORÁCULO, a SONDA, o CLIENTE e o APRENDIZ. Cada um desses papéis representa um comportamento específico que pode ser definido de acordo com os objetivos pretendidos. Por exemplo, em (Ferneda, Py, Reitz & Sallantin, 1992) encontramos uma definição de tais papéis onde também a máquina é o aprendiz e os outros papéis são desempenhados por agentes humanos, com o objetivo de dispormos de um ambiente de apoio à descoberta em Geometria Euclidiana Plana. Já em (Costa, Lopes & Ferneda, 1995) considera-se a situação de um Sistema Tutorial Inteligente, onde o aprendiz é

desempenhado por um humano e os outros papéis pela máquina. Esses papéis podem ser descritos informalmente como:

- (i) o APRENDIZ, que dispõe de uma hipótese aprendida tendo uma relação de adequação com uma amostra;
- (ii) o ORÁCULO, que produz problemas resolvidos cuja solução não é refutável;
- (iii) o CLIENTE, que submete ao aprendiz problemas e espera soluções;
- (iv) a SONDA, que, como um oráculo, produz problemas resolvidos mas cujas soluções são refutáveis. Seu objetivo é simplesmente obrigar o aprendiz a argumentar;
- (v) o MESTRE, que analisa a argumentação do aprendiz e o critica.

O ambiente de aprendizagem é resumido no esquema da Figura 2.

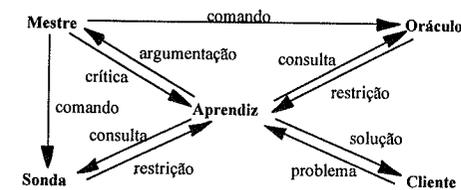


Figura 2: O protocolo MOSCA.

Mais detalhes sobre a aplicação deste protocolo orientada à Análise Musical pode ser encontrada em (Ferneda, Peres da Silva, Teixeira & Silva, 1994).

O DIÁLOGO

Como vimos, é necessário uma especificação precisa para cada agente do MOSCA e os papéis que eles desempenham. O núcleo do diálogo está no APRENDIZ, aqui representado pela máquina, que nos fornecerá respostas baseadas no seu conhecimento atual. Estas respostas, em nosso domínio, podem ser tanto uma análise como uma construção harmônica. Ilustraremos agora um diálogo típico entre a máquina e o especialista.

Ao se defrontar com um *problema* enviado pelo CLIENTE, o APRENDIZ buscará encontrar uma *solução*. Nessa busca, o Aprendiz negociará com o MESTRE uma solução aceitável. Essa negociação envolve um processo de diálogo envolvendo argumentações partidas do APRENDIZ para o MESTRE e as críticas no sentido contrário. Os papéis de ORÁCULO e de SONDA representam o conhecimento de apoio ao MESTRE no desempenho da sua interação com o APRENDIZ. Como resultado teremos uma solução válida em relação ao ORÁCULO e relevante em relação ao MESTRE. Essa solução é então encaminhada ao CLIENTE.

Partindo agora do pressuposto que o domínio de conhecimento do APRENDIZ é a Harmonia Tradicional, apresentaremos um problema que, embora simples, é representativo deste domínio: um encadeamento para ser identificado. Partimos do pressuposto que nosso APRENDIZ dispõe de conhecimento preliminar sobre escalas, tonalidades, progressão por quintas, alterações, valores das notas e das pausas, sinais de indicações de compasso, clave de sol e de fá e, principalmente, intervalos em todas as suas formas.

Problema apresentado (C maior):



Neste momento, como o nosso diálogo acontece através do confronto de argumentos e críticas, o APRENDIZ envia ao CLIENTE a sua solução, ao mesmo tempo em que justifica ao MESTRE a sua resposta.

Solução do APRENDIZ:

Encadeamento I - IV - ? - I.

Argumentação do APRENDIZ para o MESTRE:

Eu aprendi que  é um acorde de C (tônica);

Eu aprendi que  é um acorde de F (subdominante).

Por sua vez, o MESTRE aceita esta justificativa como relevante como argumentação de sua solução. Como a resposta apresentada está incompleta, nessa situação, o MESTRE apresenta, via SONDA, um questionamento referente à parte problemática.

Comando do MESTRE para a SONDA:

Selecione um acorde do tipo V7 e apresente ao Aprendiz.

Objeto apresentado pela SONDA ao APRENDIZ:

 é um acorde de dominante.

Frente a esse objeto, o APRENDIZ, que não reconhece tal acorde, justifica sua resposta ao MESTRE.

Argumentação do APRENDIZ para o MESTRE:

Eu aprendi que  é um acorde de V.

Como resposta, o mestre envia uma crítica sobre essa justificativa. :

Crítica:

Justificativa falsa.

A partir de agora o nosso diálogo muda para o nível de aprendizagem, uma vez que foi detectada a limitação do conhecimento do APRENDIZ em reconhecer esta variação de um acorde de dominante. Nesse caso, o MESTRE instrui o ORÁCULO a explicar o conceito de acorde dominante com sétima:

Comando do MESTRE ao ORÁCULO:

apresente ao Aprendiz o conceito V7 e um conjunto de variações como exemplo.

ORÁCULO para o APRENDIZ:

V7 é um acorde de V ao qual se acrescenta a sétima de sua fundamental.



Nestes exemplos oferecidos pelo ORÁCULO, pode-se, ou incluir o restante das possíveis variações, como omissão da tônica ou ir paulatinamente alimentando a base de conhecimento do APRENDIZ. Agora, quando o primeiro problema é reapresentado, o APRENDIZ terá condições de dar a resposta completa e correta:

Problema apresentado:



Solução do APRENDIZ:

Encadeamento I - IV - V7 - I.

Justificativa do APRENDIZ para o MESTRE:

Eu aprendi que  é um acorde de C (tônica);

Eu aprendi que  é um acorde de F (subdominante);

Eu aprendi que  é um acorde de G7 (dominante).

Se entendermos que as regras formais armazenadas inicialmente na base de conhecimento do APRENDIZ correspondem aproximadamente ao três primeiros capítulos do livro de Paul Hindemith (Hindemith, ??), veremos que o nosso APRENDIZ teve um bom desempenho. No entanto, o MESTRE preferiu ampliar o conhecimento atual do APRENDIZ, devolvendo-lhe uma crítica que, na realidade, funcionou como partida para o nível de aprendizagem de novos conhecimentos.

Optamos por um exemplo relativamente simples para evidenciar a forma do diálogo entre os vários agentes do protocolo MOSCA e como o MESTRE pode continuar este processo de ampliação do conhecimento do APRENDIZ, não só tratando das regras harmônicas, mas incursionando através dos domínios de Estética, Percepção e História da Música (Fernada, Peres da Silva, Teixeira & Silva, 1994), como descrito no início deste artigo. De posse de um conhecimento razoável em Teoria, o APRENDIZ ficaria apto a absorver estes conceitos inerentes à criação musical. Sua atuação não se resumiria apenas a um comportamento racional ao nível de análise, mas também a nível de construções harmônicas baseadas em estilos, formas, etc.

CONCLUSÃO

Neste artigo apresentamos um ambiente de aquisição de conhecimento em Harmonia. Este ambiente considera uma situação em que a máquina se comporta como um aprendiz e onde o papel de professor é desempenhado por especialista humano.

Nosso objetivo, utilizando o protocolo MOSCA, foi mostrar como um diálogo pode ser feito entre o MESTRE (humano) e o APRENDIZ (máquina), tendo como resultado o crescimento da base de conhecimento do

aprendiz de forma *ativa e interativa*. Enfatizando, neste caso, os elementos de Teoria, Estética e Percepção, conseguiríamos da máquina um comportamento racional na análise e construção em Harmonia.

Apresentamos a funcionalidade no processo de aprendizagem através de um problema envolvendo um encadeamento harmônico.

Atualmente estamos em fase de especificação do ambiente em questão. Uma vez essa primeira fase de aprendizado da máquina concluída, utilizaremos esse conhecimento aprendido pela máquina para um ambiente tutorial inteligente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- M. Baker "Le rôle de la collaboration dans la construction d'explications", *Actes des Journées Explication du PRC-GDR-IA*, Sophia-Antipolis, França, 1992.
- S. Billet-Coat, Ph. Reitz, D. Héryn-Aimé, D. Guin "Protocole comportemental de l'interaction didactique entre un agent artificiel et un agent humain", *Actes des 3^{èmes} Journées ELAO*, Cachan, França, 1993.
- S. Billet-Coat "Processus interactif d'acquisition de connaissances basé sur un apprentissage humain", *RFIA'94 - Reconnaissance de Formes et Intelligence Artificielle*, Paris, França, 1994.
- E. de B. Costa, M. A. Lopes, E. Ferneda "MATHEMA: A Learning Environment based on a Multi-Agent Architecture", trabalho submetido ao X Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial - SBIA'95, Campinas, outubro 1995.
- E. Ferneda, C. A. Peres da Silva, L. de M. Teixeira, H. de M. Silva "A System for Aiding Discovery in Musical Analysis", *Anais do I Simpósio Brasileiro de Computação e Música*, Caxambu (MG), julho 1994.
- E. Ferneda, M. Py, Ph. Reitz, J. Sallantin "L'Agent Rationnel SAID: une application en géométrie", *Proceedings of the First European Colloquium on Cognitive Sciences*, Orsay (França), junho 1992.
- J. A. Kaplan "Harmonia", *Notas de-aula*, Departamento de Música, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, 1991.
- J. Kerman "Musicologia", Martins Fontes, São Paulo, 1987.
- F. J. McDonald "Educationa psychology", Belmont, Califórnia, Wadsworth Publishing Company, 1965.
- Ph. Reitz "Contribution à l'étude des environnements d'apprentissage. Conceptualisation, Spécifications et Prototypage. *Tese de doutorado*, Université Montpellier II, Montpellier, França, fevereiro 1992.
- A. Schoenberg "Tratado de Armonia", Real Musical, Madrid, Espanha, 1979.

II Simpósio Brasileiro de Computação e Música (II SBC&M)

CD Programme Notes*

Electrocañas I

Carlos Cerana (B flat clarinet; programming)
Diego Losa (alto sax)
1995

Electrocañas I (in English, Electoreeds I) is the first result of a project exploring the interaction between reed instruments and digital media. Resources include sounds of live instruments, their digital processing, and control of electronic sounds by means of pitch-to-MIDI conversion and Max processing. The piece is generated from a melodic cell, which appears both in written parts and in improvised solos. A second section introduces electronics and transformation of sound.

Equipment used: Boss SE-50 digital sound processor, Yamaha TG-77 synthesiser, Richsound pitch-to-MIDI converter, Roland pedals (expressive and switch), and Macintosh Powerbook running Max.

Carlos Cerana was born in Buenos Aires, Argentina, in 1958. He studied clarinet with Néstor Tomassini and composition and electroacoustics with Francisco Kröpfl. He taught at the National Conservatory and at the Municipal Conservatory of Buenos Aires. In 1988 he was appointed as a researcher at the Laboratorio de Investigación y Producción Musical (LIPM) in Buenos Aires. In 1992 he was invited to work at the Center for Research in Computing and the Arts of the University of California in San Diego (CRCA) and at the Center for Computer Research in Music and Acoustics at Stanford University (CCRMA), as part of an exchange programme supported by the Rockefeller Foundation. In 1994 he participated in a concert tour visiting several universities in the United States and Canada. His piece *Fall* was awarded the prize for electroacoustic composition by the National Endowment for the Arts of Argentina. Cerana received a scholarship from the Antorchas Foundation and is presently researching electroacoustic music performance with a grant from the National Endowment for the Arts. He is a member of the Argentine Federation of Electroacoustic Music (FARME) and of the International Computer Music Association (ICMA).

Diego Losa was born in Buenos Aires, Argentina, in 1962. He studied traverse flute with Bruno Bragato, Alfredo Ianelli and Pablo Levin, sax with Gustavo Dinerstein and harmony with Julio Viera. He is an active performer in the popular music field, and is presently a member of the Bandgap jazz band. He is also a sound engineer at the LIPM, where he teaches courses on equalization and mixing techniques. Losa participates in musical research with electroacoustic media. He has premiered several pieces for sax and electronics and has shared projects with visiting composers from the USA, as part of an exchange program with LIPM supported by the Rockefeller Foundation.

Piece of Mind

Celso Aguiar
1995

The title of the piece is a word play on two homophonous words in the English language ("piece" and "peace") and stands as a reaction to the different ways we face fun and pleasure. Exploring the concept "Fun is dangerous" (which Aguiar was told once in the USA), *Piece of Mind* is about the violence of fun or the fun of violence, at a more extreme level than is normally encountered in everyday life.

The piece can also be seen to operate as a continuum between two sound processing techniques in a blend of *musique concrète* and powerful spectral modelling synthesis. Julius Smith predicted that time domain techniques (such as sampling and granular synthesis) will be absorbed into frequency domain techniques (such as spectral modelling). This idea has evolved using particular but complementary resources from each technique to benefit the musical discourse.

In 1994, Aguiar worked with Xavier Serra at CCRMA to recreate an IFFT algorithm for additive synthesis. Some of the instruments used in the piece were created in this way. The piece was composed using the Lisp tools CLM and Common Music on the NeXT computer at CCRMA, Stanford University.

* Compiled by Eduardo Reck Miranda from information given by the composers.