

## NotaCor - Impressão de Partituras em Cores

ALEX DE OLIVEIRA MEIRELES

*Laboratório de Processamento Espectral do Departamento de Ciência da Computação  
Universidade de Brasília - Brasília DF, Brasil, 70910-900*

### Resumo

Partituras musicais são estruturas de dados com certo grau de complexidade que podem ser analisadas e executadas por músicos através de algoritmos advindos da teoria/prática musical. Nem sempre os símbolos que compõem a partitura conseguem especificar com precisão e completude as informações necessárias a sua execução. Isto exige do músico, além de cuidadoso estudo prévio da partitura, conhecimentos extras sobre a interpretação e estilo da peça que não se encontram escritas. A utilização de cores na impressão das partituras permite enriquecer a semântica dos seus símbolos, ao mesmo tempo em que simplifica a notação e permite uma apresentação mais limpa das informações.

### Introdução

Entre os problemas de formatação de documentos, a formatação de partituras musicais é um dos mais complexos e menos estudados. Mesmo na atualidade, a impressão de partituras musicais é feita na maioria dos casos, pelos mesmos métodos utilizados no século passado. Mesmo em centros de pesquisa de ponta da área musical, recorre-se a métodos ultrapassados.

O Laboratório de Processamento Espectral (LPE), do Departamento de Ciência da Computação, desenvolve diversas pesquisas e projetos na área de Inteligência Artificial envolvendo Computação Sônica e Computação Gráfica. Diversos produtos foram gerados por estas pesquisas e são amplamente utilizados pela equipe do LPE nos seus estudos. Deste modo se desenvolvem as ferramentas que dão continuidade ao trabalho e abrem novas possibilidades de pesquisa. O presente trabalho pretende ser também uma ferramenta prática que possa ser de utilidade para as futuras pesquisas a serem desenvolvidas pela equipe, e que facilite o curso das atividades atualmente conduzidas.

O LPE tem entre suas pesquisas a geração de peças musicais por computadores, ou seja, o laboratório produz músicas que são criadas através de composição algorítmica. Estas peças podem ser facilmente executadas pelo próprio computador que trata apenas das notas e seus respectivos parâmetros, mas para um observador humano, a leitura/interpretação destas peças é muito difícil pois as máquinas apresentam como saída apenas uma seqüência de dados que envolvem freqüência, duração, dinâmica e outras mais que em geral são apenas números. Ora, para um músico uma seqüência de números dificilmente representa música, por isso se faz necessária uma interface mais natural entre máquina e homem no que se refere à saída visual das peças musicais geradas. Portanto, este é um dos objetivos do presente projeto: gerar uma saída impressa das músicas geradas no LPE em forma de partituras musicais para que possam ser lidas e executadas com mais propriedade por seres humanos.

Além da geração automática de partituras musicais pelo computador, busca-se no LPE pesquisar campos pouco explorados, tal como a geração de partituras em cores. Porém, não se quer apenas partituras contendo cores, mas busca-se novas formas de expressão e notação musical, pois neste caso os cromatismos não serão mero adorno mas expressarão a dinâmica da música e também a possibilidade de percepção da evolução melódica segundo um mapeamento som-luz a ser descrito posteriormente. Isto permitirá uma apresentação mais compacta, limpa e expressiva das músicas, quando comparadas às representações tradicionais.

### Abordagem

As peças musicais geradas de forma algorítmica são apresentadas pelo computador na forma de *cartas espectrais* chamadas CAR e também por cartas CES, que são cartas CAR com instrumentação sinfônica (Gioia 1994). Estas contêm os parâmetros necessários para a descrição das músicas, tais como frequência, duração, dinâmica e tempo inicial. O sistema a ser descrito lê estas cartas e a partir delas gera um arquivo em linguagem PostScript. Este arquivo PostScript definirá as partituras já em cores, que poderão ser então impressas num dispositivo adequado ou observadas na tela com o auxílio de um sistema de visualização PostScript.

### Conceitos Aplicados ao Sistema NotaCor

#### Composição Algorítmica

Quando se diz que uma das áreas da computação sônica é a síntese de sons, isto não se refere somente a produção de timbres e a manipulação digital de sons. O estudo da coordenação de sons também é objeto de estudo desta área e existem diversos tipos de sistemas que auxiliam neste objetivo. Os modos de se produzir música podem variar mas o resultado pretendido é o mesmo, que é composição algorítmica. O computador pode assumir diversos papéis, desde um simples auxiliar funcionando como um editor ou um verificador, pode auxiliar na busca de caminhos a serem seguidos pelo compositor, ou pode tomar o controle após uma inicialização ou mesmo gerar praticamente sozinho as peças.

#### Impressão de Partituras Musicais

Este é o tema primordial deste trabalho. Ao se abordar este problema, deve-se sempre ter em mente a busca da qualidade da impressão e o respeito às regras e notações musicais, pois de outro modo o resultado não seria satisfatório em termos profissionais, ou não se poderia utilizá-lo por não atender às exigências da escrita musical.

Para se buscar qualidade, deve-se considerar o melhor resultado possível a ser obtido. Não podemos resolver o problema apenas para um dispositivo de baixa resolução (qualidade) pois quando estiver disponível um dispositivo melhor, o resultado será no máximo igual ao do dispositivo para o qual foi projetado. Ou seja, uma boa impressora não pode "melhorar" o resultado se este foi originalmente definido para um resultado de pior resolução. Neste sentido adotou-se que a saída do sistema seria na forma de arquivos PostScript. O PostScript é uma linguagem de impressão, ou seja, destina-se a impressoras e possui comandos para a definição dos elementos de página, tais como, letras, traços e formas geométricas. Além disso, o PostScript é independente de dispositivo, ou seja, o resultado, se nele definido será tanto melhor quanto maior for a resolução do dispositivo de saída desde que este suporte a linguagem. Deste modo tem-se o melhor resultado possível, o que concorda com os objetivos.

Outro problema envolvendo a impressão de partituras musicais é a questão dos símbolos, ou seja, de como se desenhar notas, claves e outros elementos musicais. A qualidade é importante neste ponto, e se mal desenhados, os símbolos podem se tornar até ilegíveis, o que invalidaria o trabalho por não permitir uma boa leitura da peça. A solução encontrada e adotada foi a utilização de uma fonte musical PostScript (conjunto de caracteres definidos para música). A sua qualidade atende às nossas necessidades e por ser uma fonte PostScript, é totalmente compatível com o procedimento adotado até agora.

Um problema particularmente interessante é a criação do algoritmo de distribuição dos símbolos musicais na partitura. Ele é muito semelhante ao problema de formatação de texto mas com regras mais particulares à notação musical. Resolvidos estes problemas, tem-se agora o problema de notação, pois a música possui regras no que se refere à colocação de seus símbolos em uma partitura, e para que as partituras geradas pelo sistema tenham utilidade prática, elas devem ser fiéis à notação musical.

#### Som e Cor

Para o embasamento do trabalho é necessário reportarmos-nos ao artigo "Síntese de Imagens com Pedacos de Tempo" de Aluizio Arcela. Ele demonstra que a quantização do tempo e da luz são fenômenos com uma correlação matemática e perceptual. De maneira simplificada seu artigo nos permite dizer que as 10 (dez)

oitavas audíveis de som podem ser quantizadas em uma oitava de luz visível. Deste modo, a frequência de uma nota dentro de uma oitava é mapeada para o matiz; a oitava em que se encontra a nota (de 1 a 10 oitavas) é mapeada para a saturação; e a amplitude do som é mapeado para o brilho.

#### Partituras em cores

O sistema habitual de notação musical está sempre em contínua modificação à medida que a música se desenvolve. Com o desenvolvimento da tecnologia musical, a notação foi necessariamente modificada. Novos aprimoramentos nessa notação são feitos à medida em que novas formas surgem. Mas é também possível pensarmos que modificações realizadas na notação atual, mesmo sem o acréscimo nas formas musicais, possam vir a trazer contribuições à música. A sintaxe atual não tem toda a capacidade de trazer em si a semântica necessária à execução de uma certa peça. Percebe-se também que esta sintaxe não facilita muito a sua interpretação dada a disposição de seus elementos (Figura 1). Tenta-se mapear um elemento de várias dimensões em apenas duas dimensões.



Figura 1: Partitura na forma atual de codificação.

Neste trabalho, estuda-se uma modificação na notação atual de forma a simplificá-la sem perda de conteúdo semântico. Essa simplificação pode vir a permitir a aquisição de outros conteúdos pela introdução de novos elementos sintáticos. De outro modo, poder-se-ia pelo menos ter simplificado a sintaxe musical. Como foi visto, é possível fazer um mapeamento das oitavas e intensidades (frequências e intensidades, o som menos sua duração) em matizes, saturações e brilhos de cores. Neste trabalho aplica-se o mapeamento na codificação de partituras. Em lugar da representação da dimensão de intensidades (a dinâmica, figura 2), i. e., *ppp*, *mp*, *ff*, etc, utiliza-se a saturação das cores para a codificação da oitava do som. Além disso, tem-se uma ênfase das alturas das notas pelo matiz utilizado. A partir dos parâmetros de frequência e intensidade calcula-se o matiz, a saturação e o brilho de cada nota. Ao imprimir-se a nota, ela é pintada.

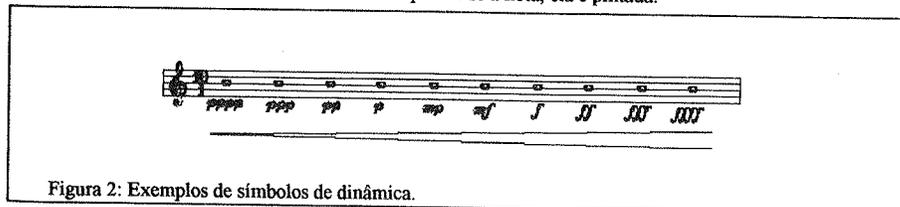


Figura 2: Exemplos de símbolos de dinâmica.

### Recursos de Hardware e Software

Neste projeto o sistema será desenvolvido tendo como plataforma máquinas SUN utilizando o sistema Unix. Para visualização dos resultados da utilização do sistema serão necessários vídeo de média/alta resolução e/ou impressora que aceite entrada PostScript. Dado que o projeto trabalha com saída impressa em cores será necessária uma impressora colorida. O sistema será implementado em linguagem C e em linguagem PostScript. Deve-se atentar para a utilização de um interpretador Postscript nível II. Serão usados o compilador C da Sun (SUN Systems), o software DevGuide (SUN Systems) para desenvolvimento da interface e o compilador CPS para a geração de código C a partir de rotinas PostScript (Adobe Systems). No caso do módulo de interface gráfica serão utilizadas bibliotecas gráficas adequadas a cada plataforma (Xview para SUN da SUN Systems).

### Estrutura do Sistema

O sistema será organizado em 4 módulos lógicos inclusos no mesmo código executável. A execução será coordenada pela interface do sistema. As entradas do sistema são arquivos tipo CAR ou CES e a configuração feita na interface. A saída será um arquivo EPS que conterá as informações de impressão da partitura. A seguir uma descrição das funções genéricas de cada módulo (figura 3).

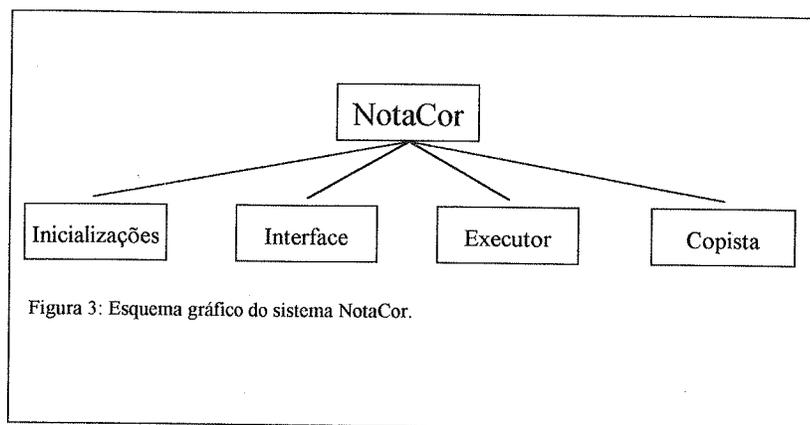


Figura 3: Esquema gráfico do sistema NotaCor.

#### Interface

É responsável pelo controle de execução do sistema. Permite a seleção dos arquivos de entrada e saída. Tipo de entrada (Car ou CES); início da execução; chamada de impressão, configurações tais como especificações de página (tamanho de papel, número de instrumentos, etc), diretórios default, etc. Este módulo controla as chamadas aos outros módulos do sistema.

#### Inicializações

É responsável pela criação dos objetos da interface e inicialização de variáveis.

#### Executor

É responsável pela leitura e interpretação dos arquivos de entrada, pelo tratamento dos objetos e pelo espaçamento dos objetos musicais.

#### Copista

É responsável pela compilação dos objetos musicais e seus respectivos espaçamentos em objetos gráficos na linguagem PostScript.

### Algoritmo Básico

- Inicialização de todos os objetos da interface;
- Entrada de nome de arquivo CAR ou CES;
- Parametrização do número de compassos, linhas por página, sistemas por página;
- Leitura do objetos musicais e conversão de frequências em cores;
- Transformação de objetos musicais em listas de notas em memória;
- Determina-se a distribuição das notas em compassos da partitura;
- Determina-se a união ou não das notas em termos de grafia musical;
- Ajusta-se o espaçamento horizontal das notas;
- Ajusta-se o espaçamento vertical das notas;
- Gera-se saída PostScript em cores (figura 4).

### Exemplo de arquivo CAR

```

(VAL 0 60 10000 0.1041666 1 1 720)
(INS 80 I1
(1 210.1316 ((0 0) (4379 180) (-2911 360) (0 720)) 0)
(0.3016 211.1962 ((0 0) (-2049 180) (-9339 360) (0 720)) 0)
(1.6969 211.1803 ((0 0) (3640 180) (0 720)) 0)
(0.7468 328.3099 ((0 0) (-6315 180) (0 720)) 0)
)
(INS 80 I2
(1 264.5851 ((0 0) (5067 180) (10339 360) (0 720)) 1)
(2.1143 274.7800 ((0 0) (772 180) (6044 360) (0 720)) 1)
(0.2324 271.4896 ((0 0) (-1263 180) (0 720)) 1)
(0.9991 272.4606 ((0 0) (-3817 180) (0 720)) 1)
)
(INS 80 I3
(1 264.5851 ((0 0) (5067 180) (10339 360) (0 720)) 1)
(2.1143 274.7800 ((0 0) (772 180) (6044 360) (0 720)) 1)
(0.2324 271.4896 ((0 0) (-1263 180) (0 720)) 1)
(0.9991 272.4606 ((0 0) (-3817 180) (0 720)) 1)
)
(INS 80 I4
(1 264.5851 ((0 0) (5067 180) (10339 360) (0 720)) 1)
(2.1143 274.7800 ((0 0) (772 180) (6044 360) (0 720)) 1)
(0.2324 271.4896 ((0 0) (-1263 180) (0 720)) 1)
(0.9991 272.4606 ((0 0) (-3817 180) (0 720)) 1)
)
(EXE 0 576)
(I1 0 16 47.7502 1.0850)
(I2 0 16 74.9939 1.0850)
(I3 0 9 239.2969 0.5865)
(I4 0 9 769.5821 0.5865)
(I3 9 3 153.0344 0.4604)
(I2 9 3 487.4481 0.4604)
(I1 12 9 237.7306 0.5494)
(I4 12 9 768.7121 0.5494)
(I3 16 16 14.9417 1.0748)
(I3 12 9 237.7306 0.5494)
(I4 12 9 768.7121 0.5494)
(I3 16 16 14.9417 1.0748)
(STP)
(FIM)
  
```

## Projeto de Interface do NotaCor

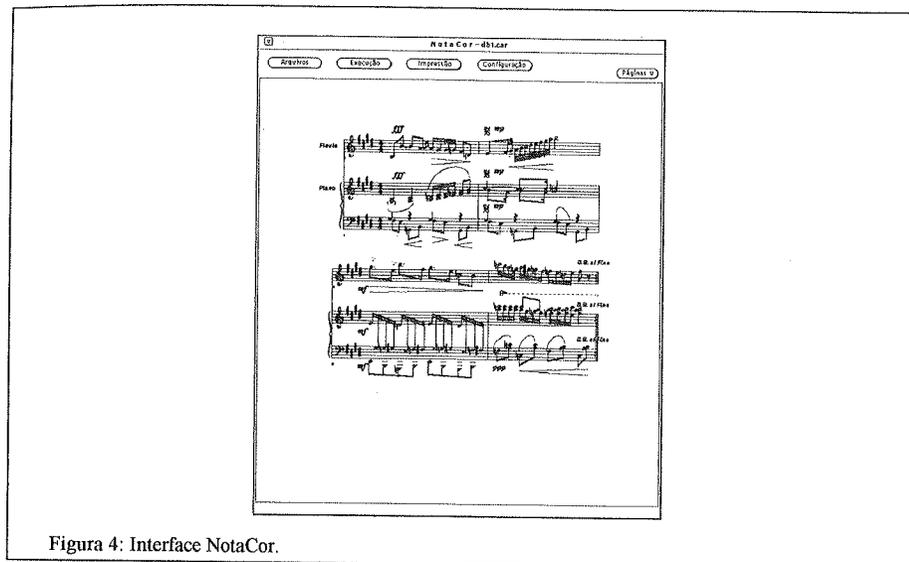


Figura 4: Interface NotaCor.

## Referências

- Adobe Systems, *PostScript Language Reference Manual*, Addison-Wesley, USA, 1990.
- Ames, Charles, *Automated Composition in Retrospect: 1956-1986*, Journal of the International Society for the Arts, Sciences and Technology, USA, 1987.
- Arcela, Aluizio, *Síntese de Imagens com Pedacos de Tempo*, Publicação Interna, LPE/CIC/UnB, Brasília, 1990.
- Beauchamp, James, e outros, *Music by Computers*, John Wiley and Sons Inc, New York, 1969.
- Gioia, Osman G., *Orquestrador MIDI Sinfônico*, na corrente publicação.
- Gourlay, John S., *A Language for Music Printing*, Communications of the ACM, vol. 29, #5, pp 388-401, USA, maio 1986.
- Olson, Harry F., *Music, Physics and Engineering*, Dover Publications, Inc, New York, 1967.
- Producao Interna ao Laboratório de Processamento Espectral do Departamento de Ciência da Computação, UnB, 1989-1993.
- Smith, Leland, *Editing and Printing - Music by Computers*, Journal of Music Theory, vol. 17, vol. 2, pp 292-307, USA, 1973.

## Representação Angular para Notação Musical

EDILSON EULALIO CABRAL

Departamento de Artes

CH - UFPB

Av. Aprígio Veloso 882 - 58109-970

Campina Grande - Paraíba - Brasil

E-mail : eulalio@dec.ufpb.br

Telefone: 333-1000 R:135

## Resumo

A proposta deste trabalho é mostrar uma forma de representação musical cujo objetivo seja facilitar a percepção visual dos intervalos musicais. Isso nos levará além, uma vez que iremos entender de modo diferente a forma como devemos pensar as notas musicais, pois passaremos a raciocinar em termos de ângulos, aberturas e distanciamentos entre elas, etc...

Para cada nota será atribuído apenas um símbolo, inclusive para as enarmônicas, como por exemplo o dó<sub>2</sub> e o ré.

Enquanto na notação convencional utiliza-se, para o Piano, duas claves (a de Sol e a de Fá) e para o Violão somente a clave de Sol, neste sistema a representação para qualquer instrumento poderá ser feita de uma única maneira.

## 1. Introdução

Há várias maneiras de se representar as notas musicais usando-se pentagrama, cifra, tablatura, o nome (dó, ré, etc.), etc... Geralmente adotamos a que mais satisfaz aos nossos objetivos, ou seja, quem deseja tocar um instrumento apenas para se acompanhar, pode achar ser suficiente apenas aprender os acordes através de seu desenho numa tablatura em vez de aprender sua codificação na forma de cifras. Qualquer sistema de notação é deficiente para representar inteiramente todas as formas de expressão musical. Isso porque quanto mais elementos forem utilizados, maior número de símbolos serão necessários para representar o que se deseja tornando-se, muitas vezes, impraticável e confusa sua aplicação de forma integral.

Cada sistema de notação tem, portanto, melhor aplicabilidade para determinados casos. No nosso, o sistema que passamos a descrever se presta melhor para a percepção visual de intervalos musicais o que nos ajudará bastante em termos de análise harmônica e melódica.

## 2. O Sistema

Como sabemos, as notas musicais utilizadas comumente no sistema musical do Ocidente (doze semitons, escala temperada), guardam uma relação que pode ser expressa apropriadamente de forma geométrica (Só, 1961).

A Representação Angular para Notação Musical é uma maneira de representar as notas musicais de tal modo que cada nota seja escrita em um determinado ângulo onde o espaçamento de 30 graus, entre as linhas, representa uma relação de meio tom.

Basicamente este sistema é representado por uma espiral cortada por linhas, onde pequenos círculos, representativos das notas, serão colocados em locais determinados pelas intercepções das linhas com a espiral. A altura das notas são determinadas pela proximidade ou afastamento destes pontos em relação ao centro da espiral onde as mais agudas são aquelas mais próximas daquele centro. Ver ilustração seguinte: