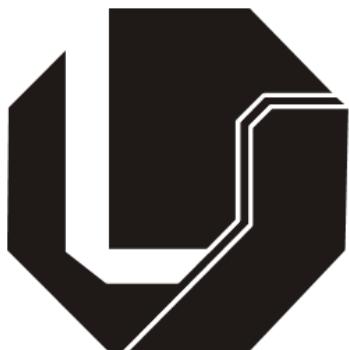


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA



SANDRA FERNANDES DE OLIVEIRA LIMA

**PROPOSTA DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL UTILIZANDO METÁFORAS
ADERENTES À ESCRITA E LEITURA MUSICAL POR DEFICIENTES VISUAIS E
SEUS ACOMPANHANTES, UTILIZANDO CÉLULAS HEXADECIMAIS COM QUATRO
PONTOS EM RELEVO, CONCEITOS DA NUMEROFONIA E A CODIFICAÇÃO
NUMÉRICA DO CÓDIGO BRAILLE**

Uberlândia
2013

SANDRA FERNANDES DE OLIVEIRA LIMA

**PROPOSTA DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL UTILIZANDO METÁFORAS
ADERENTES À ESCRITA E LEITURA MUSICAL POR DEFICIENTES VISUAIS E
SEUS ACOMPANHANTES, UTILIZANDO CÉLULAS HEXADECIMAIS COM QUATRO
PONTOS EM RELEVO, CONCEITOS DA NUMEROFONIA E A CODIFICAÇÃO
NUMÉRICA DO CÓDIGO BRAILLE**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Inteligência Artificial

Orientador: Professor Dr. Keiji Yamanaka

Uberlândia
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG - Brasil

L732p Lima, Sandra Fernandes de Oliveira, 1962-
2013 Proposta de um sistema computacional utilizando metáforas apropriadas à escrita e leitura musical por deficientes visuais e seus acompanhantes, utilizando células hexadecimais com quatro pontos em relevo, conceitos da numerofonia e a codificação numérica do código braille / Sandra Fernandes de Oliveira Lima. - 2013.
177 f. : il.

Orientador: Keiji Yamanaka.
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
Inclui bibliografia.

1. Engenharia elétrica - Teses. 2. Deficientes visuais - Teses. 3. Música por computador - Teses. I. Yamanaka, Keiji. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

CDU: 621.3

SANDRA FERNANDES DE OLIVEIRA LIMA

**PROPOSTA DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL UTILIZANDO METÁFORAS
ADERENTES À ESCRITA E LEITURA MUSICAL POR DEFICIENTES VISUAIS E
SEUS ACOMPANHANTES, UTILIZANDO CÉLULAS HEXADECIMAIS COM QUATRO
PONTOS EM RELEVO, CONCEITOS DA NUMEROFONIA E A CODIFICAÇÃO
NUMÉRICA DO CÓDIGO BRAILLE**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Inteligência Artificial

Uberlândia, 01 de março de 2013

Banca Examinadora

Prof. Dr. Keiji Yamanaka – UFU

Prof. Dr. Fabiano Azevedo Dorça – UFU

Prof. Dra. Sônia Tereza da Silva Ribeiro – UFU

Prof. Dr. Haroldo Rodrigues de Azevedo - FACULDADES LOGATTI

Prof. Dr. José Antonio dos Santos Borges - NCE - UFRJ

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus que me deu força, equilíbrio e vontade para executar um trabalho para tantos tão importante e essencial. Sem Você, meu Deus, nada disso seria possível.

Ao meu marido, Luciano, a quem não tenho pouco a dizer: sempre foi o meu apoio em todos os momentos, não só como companheiro mas como presença constante me ajudando, corrigindo meus erros, dando-me o apoio que sempre precisei. No desenvolvimento desta tese, participou desse tema com notável entusiasmo, dando-me todo o suporte que eu precisava. Você é a minha vida!

Aos meus filhos, Daniel, Thales e Tatiana, meus tesouros, que me aguentaram nos momentos de impaciência e que não puderam contar comigo tantas vezes. Agradeço pela paciência! E obrigada também pela ajuda na elaboração da tese e pela presença também durante a qualificação e na correção e pesquisa. Vocês são maravilhosos!

À Nayara, por toda a ajuda, pelo interesse e participação na elaboração do texto, pela elaboração conjunta dos mapas conceituais. Você é um anjo! Agradeço à você e à Andressa, pela presença na qualificação, pelo incentivo e carinho que têm por mim. Vocês são especiais.

Ao meu orientador, Prof. Keiji Yamanaka, pelas suas observações pertinentes, por sua paciência, seu entusiasmo e otimismo. Agradeço por seu interesse, ajuda e entusiasmo.

À minha família: minhas irmãs e irmão (Viviana, Marlice, Eliane e Sérgio), minha cunhada, sobrinhos e demais familiares, por existirem e incentivarem o trabalho e abraçarem essa causa tão nobre de ajuda aos deficientes visuais e aos cegos em geral.

Aos meus pais, Marcílio e Clarice, que se estivessem vivos, seriam meus maiores incentivadores.

À minha sogra, Júnia, minha segunda mãe, presença constante em minha vida, sempre me incentivando e participando de uma maneira otimista.

À minha cunhada Lucília que eu amo demais. É minha irmã e isso pra mim tem um significado muito importante. Aos meus sobrinhos, concunhado e sobrinhas-netas que sempre foram especiais para mim.

Ao meu cunhado Vinícius. Não preciso dizer nada, não é? Você é sempre especial. Obrigada pela paciência que sempre teve comigo. Fernanda, obrigada! Você é um amor em todos os momentos de minha vida!

À Lena e Lolô. Como vocês estiveram ao meu lado e ouviram minhas reclamações! Vocês são o meu suporte e verdadeiras amigas!

Ao meu colega, Hélcio Camargo, por estar presente de uma maneira efetiva para que esse trabalho se concretizasse. Você faz parte dele! Mais uma vez, obrigada!

Ao Rubens, que esteve ao meu lado nos artigos, com toda paciência, carinho e interesse. Você é um grande amigo!

Ao Simonini, por sempre me aconselhar e quebrar os meus galhos. Obrigada, compadre!

À todos os meus amigos e colegas e por suas orações.

À Priscilla, minha amiga de todas as horas e minha companheira neste trabalho. Sem você eu não teria começado nem finalizado um trabalho tão nobre, envolvendo pessoas tão importantes como os cegos e deficientes visuais. Você esteve comigo nos artigos iniciais e nos projetos, pesquisando e indo a campo. Você é realmente uma pessoa que eu admiro e gosto de todo o coração. Obrigada sempre!!!

Obrigada Vilma, Sandrinha, Priscilla e D. Nilza e a todos que não são apenas colegas, mas amigos de verdade.

Agradeço ao Lucas, à Vilma e à Maria Abadia por terem participado deste trabalho com interesse e afinco. Vocês contribuíram imensamente para que esse projeto se concretizasse.

À Cinara, por sua competência, por seu interesse em ajudar, pela sua boa vontade e respeito por todos nós nos momentos que precisamos. Obrigada!

RESUMO

Aprender música, principalmente através de partituras musicais, é uma tarefa difícil, mesmo para pessoas que não possuem problemas visuais. O aprendizado musical demanda anos de esforço e de dedicação.

Por outro lado, a tarefa de aprender música, para um deficiente visual, é bem mais complexa. Além da complexidade do Código Braille para música (Musicografia Braille), existem poucas pessoas capacitadas a ensinar música através deste método.

Este trabalho apresenta uma solução que busca tanto simplificar a codificação da escrita e leitura musical através de células de pontos em relevo, como, também, tornar o ensino e o aprendizado mais atrativos, exigindo dos deficientes visuais e seus assistentes, um menor esforço, menos tempo e menos dedicação.

Este trabalho apresenta uma solução computacional que busca dar, aos deficientes visuais, acessibilidade às músicas à medida que as mesmas são postadas na internet. Infelizmente, a maior barreira a ser enfrentada, ainda é a falta de profissionais para ensinar o deficiente visual a ler tal codificação.

O sistema proposto, e já prototipado, apresenta uma nova codificação simplificada, apresentando a partitura da música em células básicas de 4 pontos em relevo (4 raised dots arranged in cells), em formato musical textual e em formato numerofônico.

O método proposto tem como base o paradigma da codificação decimal proposta por Braille e o paradigma numérico já utilizado na codificação internacional de eventos musicais. O método desta pesquisa apresenta um paradigma que permite, com um menor esforço e menor dedicação, a capacitação dos professores, dos familiares e dos assistentes dos deficientes visuais no aprendizado da notação Musical aqui proposta.

Destaca-se ser isto relevante devido ao fato de que, uma vez que o assistente aprenda o paradigma e ele consiga ler as músicas, ficará mais fácil ensinar ao deficiente visual sob sua tutela, a nova musicografia. Um software foi idealizado e implementado em linguagem funcional CLEAN para geração dos códigos da musicografia deste trabalho, bem como dos outros paradigmas voltados à utilização pelos acompanhantes dos deficientes visuais.

Palavras-Chave: Deficiente Visual. Música. Numerofonia. Aschero. MIDI. Braille. Barbier. Musicografia Lima. Código Lima.

ABSTRACT

Learning music, mostly through musical scores, is a difficult task, even for people who do not have visual problems.

Learning musical demands years of effort and dedication.

Moreover, the music learning tasks for a blind is much more complex.

Besides the complexity of the Braille code for music (musicografia Braille), there are few people trained to teach music by this method.

This work presents a solution that seeks to simplify the coding of both writing and reading music through cells of raised dots, as also make teaching and learning more attractive, requiring visually impaired and their assistants, less effort, less time and less dedication.

This work presents a computational solution that seeks to give the visually impaired, accessibility to the songs as they are posted on the same internet. Unfortunately, the biggest barrier to be faced, it is still a lack of professionals to teach the blind to read such encoding.

The proposed system, prototyped and now presents a new simplified coding, presenting the music score in basic cells of 4 points in relief (4 raised dots arranged in cells), musical, textual and Numerofonia format.

The proposed method is based on the paradigm of decimal encoding proposed by Braille and the paradigm number already used in international encoding of musical events.

The method of this research presents a paradigm that allows, with less effort and less dedication, training of teachers, family members and assistants of visually impaired in learning musical notation proposed here.

Learning to read music is relevant due to the fact that, since the assistant learn the paradigm and he can read music, it will be easier to teach visually impaired under his tutelage, the new musicografia. Software was designed and implemented in functional language for generating the codes of this work, as well as other paradigms focused on use by accompanying of visually impaired.

Keywords: Visual Impaired. Music. Numerofonia. Aschero. MIDI. Braille. Barbier. Musicografia Lima. Código Lima.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	17
INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Introdução.....	17
1.2 Justificativas	19
1.3 Objetivo geral do trabalho	21
1.4 Objetivos específicos	21
1.5 Estrutura do texto da tese	22
CAPÍTULO 2	23
CONCEITOS E TECNOLOGIAS DE BASE PARA O DESENVOLVIMENTO DA TESE.....	23
2.1 Musicografia Braille	23
2.1.1 Códigos Braille para Música	24
2.1.1.1 <i>Notas e Figuras Musicais</i>	24
2.1.1.2 <i>Notas e Figuras Musicais – Mudanças no contexto musical</i>	24
2.1.1.3 <i>A Breve e a Pausa da Breve – duas maneiras de codificação Braille no contexto musical</i>	26
2.1.1.4 <i>Os sinais de dinâmica-dualidade</i>	26
2.1.2 Problemas existentes na Musicografia Braille	27
2.1.3 Softwares que transcrevem partituras para o Braille	28
2.1.3.1 <i>Braille Music Editor (BME)</i>	28
2.1.3.2 <i>Braille Fácil</i>	29
2.1.3.3 <i>MusiBraille</i>	29
2.1.3.4 <i>Sibelius Speaking</i>	29
2.1.4 Impressão em Braille	30
2.1.4.1 <i>Impressão à mão</i>	30
2.1.4.2 <i>Através de máquinas de digitação manual e impressoras</i>	32
2.1.5 Impressoras.....	33
2.2 Numerofonia	34
2.2.1 Alguns dados sobre a Numerofonia	35
2.2.2 Trabalhando com a NUMEROFONIA:	36
2.2.3 Vantagens da Numerofonia	38
2.2.4 Desvantagens da Numerofonia	39
2.2.5 Sistema de Aschero para deficientes visuais baseado na Numerofonia - Tactofonia ..	39

2.3 MIDI	40
2.3.1 SMF Formato 0 e Formato 1: diferença básica.....	40
2.3.2 O Arquivo MIDI SMF	41
2.3.2.1 <i>Cabeçalho Principal</i>	41
2.3.2.2 <i>Cabeçalho dos Tracks</i>	42
2.3.3.1 Tokens das Produções - Cabeçalho Geral	45
2.3.3.3 Regras de Produção de Eventos	45
2.3.3.4.1 Formalização e função da regra de produção NotaAtivada (note on).....	46
2.3.3.4.2 Formalização e função da regra de produção NotaDesativada (note off)	47
2.3.3.4.3 Formalização e função da regra de produção PressãoNaTecla (Aftertouch)	47
2.3.3.4.4 Formalização e função da regra de produção PressãoNoTeclado (Channel Pressure).....	47
2.3.3.4.5 Formalização e função da regra de produção Controles (Control change)	48
2.3.3.4.6 Formalização e função da regra de produção MudançaDePrograma (Program Change – patch).....	48
2.3.3.4.7 Formalização e função da regra de produção VariaçãoDoPitchBend (Pitch Wheel)	49
2.3.3.4.8 Formalização e função da regra de produção MensagemExclusiva (System Exclusive)	49
2.3.3.4.9 Formalização e função da regra de produção ControleLocal (local On – local Off)	50
2.3.3.4.10 Formalização e função da regra de produção DesativaTodasNotas (All notes off)	51
2.3.3.4.11 Formalização e função da regra de produção OmniOn.....	51
2.3.3.4.12 Formalização e função da regra de produção OmniOff.....	52
2.3.3.4.13 Formalização e função da regra de produção MetaEvento	52
CAPÍTULO 3.....	56
A TESE.....	56
Proposta de um sistema computacional utilizando metáforas aderentes à escrita e leitura musical por deficientes visuais e seus acompanhantes, utilizando células hexadecimais com quatro pontos em relevo, conceitos da Numerofonia e a codificação numérica do código Braille	56
3.1 Introdução.....	56
3.2 Proposição da Tese.....	57
3.3 O Desenvolvimento da Tese	60
3.4 Implementando as Proposições da Tese - Proposições 1, 2, 3, 4 e 5	61

3.4.1 A escolha de um paradigma de notação musical: a numeração decimal do Código Braille.....	62
3.4.1.1 <i>Numerofonia no auxílio dos acompanhantes dos deficientes visuais</i>	62
3.4.2 Musicografia Braille e os deficientes visuais.....	62
3.4.3 MIDI como formato intermediário na solução do problema da obtenção de músicas, principalmente as recentes	63
3.4.4 Arquivos de áudio.....	64
3.4.5 Arquivos MIDI SMF	65
3.5 Uma solução para o aprendizado da leitura musical pelos acompanhantes dos deficientes visuais – Proposição 7 da Tese	65
3.5.1 A Conversão MIDI SMF nos paradigmas citados	66
3.5.2 Paradigma Sonoro	66
3.5.3 Paradigma Textual	67
3.5.4 Paradigma Notação Tradicional em partitura CPN	68
3.5.5 Paradigma Numerofonia.....	68
3.6 Proposta de um código básico de quatro pontos em relevo, para notação musical, utilizando a codificação Braille para números. Proposições 1, 2, 3 e 4 da Tese	70
3.7 A Codificação Proposta	70
3.7.1 A Base da Codificação	71
3.7.2 Eventos de Sistema – Cabeçalho da Música	72
3.7.3 Implementação da Tonalidade em Códigos de pontos em relevo	72
3.7.3.1 <i>Tipo de tonalidade</i>	73
3.7.3.2 <i>Tipo de acidente</i>	73
3.7.3.3 <i>Número de acidentes</i>	74
3.7.4 Implementação da Fórmula de Compasso utilizando códigos de pontos em relevo	74
3.7.4.1 Codificação para a duração (figuras musicais) das notas musicais em código de pontos em relevo	75
3.7.5 Implementação do Metrônomo utilizando códigos de pontos em relevo.....	76
3.7.6 Implementação do Evento Instrumento utilizando códigos de pontos em relevo	77
3.7.8 Eventos de Notas	79
3.8 Estrutura da Codificação de Evento de Nota e as formas possíveis de Leitura da mesma	79
3.8.1 Leitura apenas da nota musical: Nome e Oitava.....	80
3.8.2 Leitura apenas da Dinâmica dos Volumes das notas musicais.....	80
3.8.3 Leitura apenas do Ritmo da música (Figuras Musicais)	81
3.8.4 Leitura Tradicional, conforme CPN: apenas Nota e Figura Musical (Duração).....	81

3.8.5 Leitura do Ritmo com a Dinâmica da Intensidade das notas	81
3.8.6 Leitura de Notas Brancas com a Dinâmica da Intensidade	82
3.9 A Codificação dos eventos de nota proposta nesta tese: Código Lima para Música ou Musicografia Lima.....	82
3.9.1 Codificação para os nomes das notas musicais em código de pontos em relevo	82
3.9.2 Codificação para as Oitavas Musicais em código de pontos em relevo.....	84
3.9.3 Codificação para o Volume (Intensidade) das notas musicais em código de pontos em relevo	85
3.10 Exemplo completo de Codificação de um Evento de Nota escrito na Musicografia Proposta	87
3.11 - O Sistema de Musicografia Lima e paradigmas aderentes aos acompanhantes dos deficientes visuais.....	89
3.11.1 A Escolha da linguagem para implementação do Sistema.....	89
3.11.2 Estrutura do Programa	95
3.11.3.4 <i>DrMusicalLima - Observações</i>	102
3.11.3.4.1 A Interface do Programa	103
CAPÍTULO 4.....	106
APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO CÓDIGO PROPOSTO	106
4.1.1.3 <i>Apresentação da Estrutura do Código Lima</i>	109
4.1.2 Etapa 2: Notas musicais e pausa - 2º Dia: 17/09/2012	113
4.1.2.2 <i>Exercício 1</i>	114
4.1.2.3 <i>Teoria musical 2</i>	114
4.1.2.4 <i>Exercício 2</i>	114
4.1.2.5 <i>Teoria musical 3</i>	115
4.1.2.6 <i>Exercício 3</i>	115
4.1.2.7 <i>Teoria musical 4</i>	116
4.1.2.8 <i>Exercício 4</i>	116
4.1.2.9 <i>Teoria musical 5</i>	117
4.1.2.10 <i>Exercício 5</i>	117
4.1.2.11 <i>Teoria do Código Lima 1</i>	118
4.1.2.12 <i>Exercício 6</i>	119
4.1.2.13 <i>Teoria do Código Lima 2</i>	121
4.1.3.1 <i>Teoria Musical 6</i>	125
4.1.4 Etapa 4: Figuras musicais - Duração – 3º Dia: 18/09/2012	130
4.1.4.3 <i>Teoria Musical 7</i>	132

4.1.4.8 <i>Teoria do Código Lima</i> 9.....	138
4.1.5 Etapa 5: Volume –	141
4.1.5.1 <i>Teoria do Código Lima</i> 10.....	141
4.1.5.3 <i>Teoria do Código Lima</i> 11.....	144
4.1.5.5 <i>Teoria do Código Lima</i> 12.....	145
4.1.5.7 <i>Teoria do Código Lima</i> 12.....	146
4.2.1 Minicurso: <i>Musicografia Lima: Escrita Musical para Deficientes Visuais</i>	150
CAPÍTULO 5	156
CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	156
5.1 CONCLUSÕES	156
Objetivo 1	156
Solução:	156
Objetivo 2 –	156
Solução:	157
Objetivo 3 –	158
Solução	158
Objetivo 4 –	159
Solução –	159
Objetivo 5 –	160
Solução –	160
Objetivo 6-	161
Solução:	162
PROPOSIÇÃO 1 –	163
PROPOSIÇÃO 2-	163
PROPOSIÇÃO 3-	163
PROPOSIÇÃO 4-	163
PROPOSIÇÃO 5-	164
PROPOSIÇÃO 6-	164
PROPOSIÇÃO 7-	164
5.2 TRABALHOS FUTUROS.....	165
REFERÊNCIAS	167
SITES CONSULTADOS PARA A EXECUÇÃO DA TESE	171
ANEXO 1 – MusicXML	175

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

Entre os grandes problemas enfrentados por qualquer deficiente, principalmente aqueles que possuem baixa renda econômica, um que se destaca diz respeito à necessidade de ter alguém, um acompanhante, que o capacite a exercer as atividades do dia-a-dia, auxiliando-o nas limitações que cada deficiência lhe impõe.

A partir da última década percebe-se grandes avanços nas mudanças de paradigmas, principalmente nos esportes para deficientes, que a tecnologia e próteses inteligentes têm, até mesmo, dotado alguns deficientes com habilidades superiores aos não deficientes (ANDRADE, 2009).

Ao se analisar o avanço na tecnologia, a mesma, aplicada ao suporte e ensino de deficientes visuais não se tem fugido à regra.

A tecnologia acrescentou boas ferramentas, tais como o reconhecimento de fala e leitura sonora de textos pelo computador.

Desde Charles Barbier de la Serre¹, em meados do século XIX, o qual inventou o sistema *Ecriture Nocturne* (*night writing*) ou Sonografia² (MELLOR, 2006), com células de 12 pontos em relevo, e Louis Braille³, o qual simplificou o código apresentado por Barbier⁴ para cegos e deficientes visuais (*blind and visually impaired*), utilizando células de 6 pontos em relevo, pouco ou quase nada foi alterado neste tipo de escrita. Os avanços nesta área são tímidos, podendo citar alguns, tais como a criação de teclados e visores Braille (CARNEIRO, 2003 e FERRAZOLI, 2006) e a criação de novas propostas de codificação com células, matrizes de 8 pontos em relevo, as quais diminuem consideravelmente o número de código a ser lido pelo deficiente visual.

O Código para música⁵ (KROLICK, 2004), também criado por Braille aos 15 anos de idade, se mantém praticamente como foi criado. Muitas modificações que ocorreram acabaram por

¹ Charles Barbier (1767-1841) - Capitão das forças armadas Francesas no século 19 sob o comando de Napoleão Bonaparte (MELLOR, 2006).

² Solicitado por Napoleão para comunicação silenciosa entre os soldados durante a noite, o qual utilizava células de 12 pontos em relevo em dupla coluna.

³ Louis Braille (1809 – 1852) (WEIGAND, 2009).

⁴ No Royal Institution for Blind Youth em Paris, onde Braille estudava (WEIGAND, 2009).

⁵ A maior coleção de músicas nesta grafia está no National Library for the Blind em Stockport, UK.

despadronizar o código original, visando contornar problemas personalizados.

Em 1997 houve uma tentativa de padronização pela New International Manual of Braille Music Notation (KROLICK, 1997)⁶, quando um novo e padronizado código Braille para músico foi proposto⁷. Infelizmente o mesmo não é respeitado por todos.

Em relação à codificação de partituras musicais convencionais (CPN – *Common Practice Notation*) elaboradas pelo próprio Braille, não houve mudanças de paradigma (Ó MAIDÍN, 1999). Para cada símbolo ou conceito musical de uma partitura CPN, existe um código Braille equivalente. A assimilação dos conceitos e símbolos musicais de uma CPN é complexa, totalmente fora do contexto dos paradigmas sociais e de aprendizado, onde os símbolos representam valores relativos, isto é, não absolutos, os quais dependem de outros símbolos para comporem uma informação a ser executada pelo intérprete. A Figura 1.1, a seguir, apresenta algumas codificações Braille mais utilizadas⁸ para música:

Figura 1.1 – Alguns códigos da Musicografia Braille

⁶ Opus Technologies. Disponível em:<<http://www.opustec.com/products/newintl/newbrl.html>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

⁷ BRL: Braille Through Remote Learning. Disponível em:<<http://www.bril.org/music/index.html>>. Acesso em 12 abr. 2012.

⁸ O Capítulo 2 apresenta com mais detalhes a Musicografia Braille.

Pode-se observar que várias informações utilizam de uma a sete células de 6 pontos para representá-las, o que torna ainda mais complexa a leitura musical, exigindo que o deficiente visual sempre reinicie a leitura da partitura caso perca o ponto onde parou. Não é possível, ao deficiente visual, ou acompanhante, começar a leitura de um ponto aleatório qualquer da música. O código não apresenta uma estrutura padrão para todas as informações, nem para um mesmo tipo de informação, tal como: rallentando possui 6 células, retardando 5 e ritenuto 7.

Nas últimas décadas, novas tecnologias de ensino têm surgido em todas as áreas do conhecimento. Em particular, na música, uma metodologia, um novo paradigma, chama muito a atenção por ser extremamente aderente aos paradigmas utilizados no dia-a-dia: a Numerofonia de Aschero (SOUSA, 2011). A mesma trabalha com conceitos simples de cores, números e tamanhos, os quais são assimilados mesmo por pessoas semi-alfabetizadas e crianças.

Este método tem apresentado bons resultados, até mesmo para o ensino de grandes grupos, o que diminui sensivelmente o custo e resolve o problema da carência de profissionais no ensino para deficientes (ASCHERO; TAVARES, 2009).

1.2 Justificativas

Conforme exemplificado na figura 1.1, o código proposto por Braille para música⁹ é complexo para quem não é musicalmente alfabetizado, tanto para os deficientes visuais quanto para seus acompanhantes. O mesmo demanda longo tempo de estudos e dedicação.

No Brasil existem vários profissionais com doutorado em música, mas, no caso de deficientes visuais, apenas em março de 2010 um deficiente visual conseguiu tal titulação em Musicografia Braille, a saber, a Fabiana Fator Gouvêia Bonilha (BONILHA, 2010), de onde se pode avaliar o grau de complexidade da codificação Braille para música.

A grande dificuldade, identificada nesta pesquisa, é que a mesma metáfora utilizada para pessoas não deficientes visuais (a CPN¹⁰) foi utilizada por Braille na sua musicografia.

Uma mudança de paradigma de formalização de uma música, uma nova metáfora mais aderente a uma pessoa sem conhecimentos consolidados de música, poderia simplificar, também, o ensino para deficientes e seus acompanhantes. É o caso do uso da

⁹ Única metáfora formal apresentada como solução para este domínio desde os meados do século XIX.

¹⁰ CPN – *Common Practice Notation* - Notação musical tradicional.

Numerofonia para o ensino de não deficientes visuais.

Porém, a visualização de números e cores, utilizada na Numerofonia, não é uma informação natural para os deficientes visuais. As mesmas não fazem parte do paradigma do dia-a-dia de cada um. Assim, carece-se de uma adaptação dos conceitos da mesma para uma notação para deficientes visuais.

Além disto, tanto a notação musical para não deficientes (CPN), quanto a Musicografia Braille, são de difícil entendimento. Mesmo quando o deficiente passa a conseguir ler a musicografia de forma eficiente, o mesmo depende de uma boa memória para guardar as informações que terá de executar sem que tenha que proceder nova leitura, já que, na musicografia Braille, não tem como o deficiente ler e tocar ao mesmo tempo.

Capacitar os assistentes dos deficientes visuais é fundamental para que o deficiente tenha um maior e melhor acesso ao aprendizado. Visitando e entrevistando várias associações de cegos e deficientes visuais, observou-se que faltam professores para o ensino de música utilizando a Musicografia Braille (TOMÉ, 2003).

Até pouco tempo atrás, em 2002, quando um deficiente visual desejava uma determinada partitura musical escrita em Braille, no Brasil, ele necessitava recorrer à fundação *Dorina Nowill* para cegos¹¹ e aguardar o tempo necessário para receber suas solicitações, o que demandava tempo.

Atualmente, para quem tem uma impressora Braille, o que é um item caro¹², existem alguns programas para transcrever música para código Braille¹³.

Para os deficientes mais carentes, os que não podem adquirir uma impressora Braille¹⁴ e devido à dificuldade de obtenção de partituras Braille, principalmente para músicas atuais, soluções criativas como a da profª Lílian Monteiro Gazon (MATIAS, 2010), permitem que os alunos dela possam aprender a leitura musical pela Musicografia Braille.

A profª Lílian Monteiro Gazon utiliza a técnica de perfurar folhas de cartolina com os códigos Braille (MATIAS, 2010), como fazia Charles Barbier em seu método da *Escriture Nocturne*. Assim, não só a escrita de música para deficientes visuais é carente de simplificação, como, também, os métodos para impressão estão carentes de uma redução sensível de custo.

¹¹Fundação Dorina Nowill para Cegos. Disponível em:<<http://www.fundacaodorina.org.br/>>. Acesso em 19 abr. 2012.

¹²Bengala Branca. Produtos para uma Vida Independente. Disponível em:<<http://www.bengalabranca.com.br>>. Acesso em 16 abr. 2012.

¹³Programa Musibraille. Disponível em:<<http://intervox.nce.ufrj.br/musiBraille/>>. Acesso em 12 mar. 2012.

¹⁴Valores acima de onze mil reais.

1.3 Objetivo geral do trabalho

O objetivo geral deste trabalho é apresentar uma estrutura padrão para notação com código em pontos em relevo bem como um sistema computacional que facilite ao cego, ao deficiente visual, bem como a seu acompanhante, o auto-aprendizado de leitura e escrita de música. Propor, também, um sistema em que o deficiente possa ter acesso às informações musicais para execução em leitura à primeira vista, ou seja, que não exija do mesmo ler, decorar e só depois interpretar o que gravou na memória.

1.4 Objetivos específicos

Dentro do objetivo geral, é necessário que seja solucionada, em primeiro lugar, a definição de uma nova metodologia de ensino musical, uma mudança de paradigma com metáforas aderentes às habilidades e competências normalmente encontradas nos deficientes visuais e seus acompanhantes.

Desta forma, objetiva-se não apenas propor uma nova musicografia para os deficientes visuais, mas, também, uma forma de capacitar os acompanhantes dos deficientes visuais, mesmo os que não possuem conhecimento musical, a conseguir ler as informações musicais e auxiliar o deficiente que os acompanham a também ler as informações no mesmo nível de abstração.

Objetiva-se não criar um código que represente toda a simbologia de uma partitura convencional ou específica de alguns instrumentos e sim de se grafar, em uma estrutura padrão, os eventos de execução de nota musical com precisão, permitindo ao cego executar qualquer música registrada em um arquivo MIDI SMF F1.

Para tanto, objetiva-se:

1. Reduzir o número de códigos, utilizando células com pontos em relevo, tal como **Barbier** e **Braille** fizeram, de tal forma a simplificar a codificação musical para a escrita de música para deficientes visuais.
2. Implementar toda a codificação e informação musical tradicional, utilizando apenas células primárias de 4 pontos em relevo, reduzindo o número de códigos a serem decorados para 16, sendo 10 deles já conhecidos na codificação **Braille** para números, assim como Aschero idealizou seu sistema numeraofônico.

3. Implementar tal codificação, assim como, também, codificar com precisão a dinâmica dos volumes¹⁵, nota a nota, de qualquer música, partindo da leitura dos arquivos **MIDI SMF**¹⁶, não se utilizando o padrão MusicXML (Anexo 1) por não ser o foco desta pesquisa registrar todas as simbologias utilizadas em uma CPN e sim grafar os eventos de execução de notas musicais, o que os arquivos MIDI SMF registram com precisão e de forma direta.
4. Implementar uma codificação para as informações musicais sem utilizar sobrecargas duais dependentes de contexto, como ocorre na codificação Braille para música (já ilustrado na Figura 1.1), permitindo que o deficiente visual possa iniciar a leitura da música em qualquer parte da mesma.
5. Criar soluções que facilitem o aprendizado da leitura musical formal para treinamento dos acompanhantes, assistentes dos deficientes, cobrindo a falta de profissionais, professores, especializados, fluentes na Musicografia Braille.
6. Projetar e implementar um sistema computacional que permita ao professor ou acompanhante entender a codificação musical utilizando uma metáfora aderente a cada um, de tal forma que o mesmo possa auxiliar o deficiente visual, com segurança, na leitura musical, além de permitir que qualquer música grafada em formato MIDI SMF seja convertida para uma leitura simplificada pelo acompanhante e pelo deficiente visual.

1.5 Estrutura do texto da tese

- O CAPÍTULO 1 apresenta a introdução do trabalho com as justificativas, objetivos gerais e específicos.
- O CAPÍTULO 2 apresenta os conceitos da Codificação Braille, e, em especial para música e alguns softwares que trabalham com Musicografia Braille. Apresenta, também, os conceitos da Numerofonia e a estrutura e conceitos básicos da arquitetura MIDI e dos arquivos MIDI SMF.
- O CAPÍTULO 3 apresenta as proposições da Tese e suas implementações.
- O CAPÍTULO 4 apresenta a aplicação do código para validação do sistema proposto.
- O CAPÍTULO 5 apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

¹⁵ Na notação tradicional, a representação da dinâmica é através de símbolos relativos e sujeitos à interpretação e execução subjetiva de cada intérprete.

¹⁶ Standard **MIDI Files** - Nos arquivos MIDI SMF tem-se armazenado exatamente o volume de cada nota, em valores de 0 a 127, e, portanto, pode-se conhecer exatamente como o compositor, ou intérprete que gravou a música, executou o crescimento ou decrescimento do volume. Pode-se até traçar um gráfico do mesmo, e, se desejado, inferir a função equivalente.

CAPÍTULO 2

CONCEITOS E TECNOLOGIAS DE BASE PARA O DESENVOLVIMENTO DA TESE

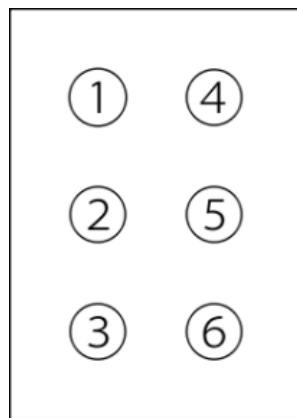
2.1 Musicografia Braille

A Musicografia Braille é um método que surgiu em 1828 através de Louis Braille, sendo uma adaptação da técnica de transcrição de textos que foi desenvolvida anteriormente à técnica de transcrição musical (BORGES; TOMÉ, 2012).

Através desse novo método de escrita e leitura musical desenvolvido para os deficientes visuais (Musicografia Braille), os mesmos são capazes de ler e escrever música de maior e menor complexidade. O texto musical é transcrito para a forma tátil através do uso de uma codificação de células de seis pontos como também é feito na escrita Braille (BORGES; TOMÉ, 2012).¹⁷

Na figura 2.1 apresenta-se a célula de seis pontos utilizada por Braille em sua codificação musical.

Figura 2.1 - Célula Braille de seis pontos



Na Musicografia Braille existem conjuntos de regras para cada código específico musical, já que a mesma se baseia nos códigos musicais existentes na notação musical tradicional como, no caso, a CPN (*Common Practice Notation*).

São extensos os símbolos musicais existentes nas notações musicais e existem ainda símbolos de música não codificados na música em Braille apesar de serem inúmeros os códigos Braille para música. Como exemplo tem-se os instrumentos autóctones da música

¹⁷Manual do programa Musibraille v.1.4

Disponível em:<<http://www.musibraille.com.br/textos.htm>>. Acesso em 07 abr. 2012.

étnica da África e da Ásia que não possuem um código musical Braille (KROLICK, 2004, p.12). Devido a esses fatores ainda não é definitiva a unificação da Musicografia Braille, conforme Krolick (2004), pois ainda existem símbolos musicais desconhecidos mundialmente.

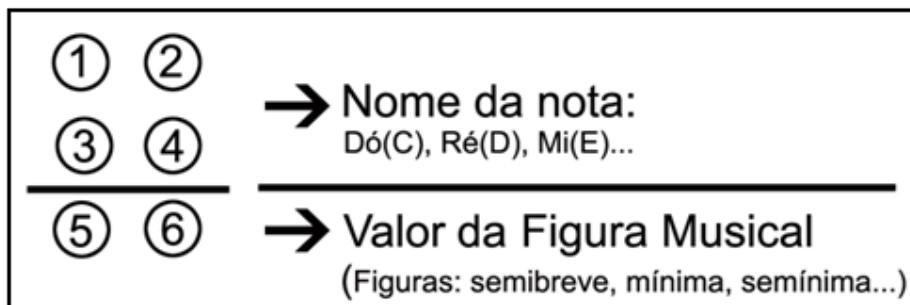
É importante citar alguns códigos básicos Braille utilizados normalmente pela maioria dos usuários: as notas musicais, as figuras musicais, as oitavas, a dinâmica, a clave, a armadura de clave, a barra de compasso, a fórmula de compasso.

2.1.1 Códigos Braille para Música

2.1.1.1 *Notas e Figuras Musicais*

As células Braille são compostas de 6 pontos. Os pontos em relevo são os que ficam em relevo na leitura musical. As regras para representar as notas e figuras musicais obedecem a uma estrutura que coincide para ambas (DE GARMO, 2005). A Figura 2.2 mostra como essa estrutura é formada:

Figura 2.2 - Estrutura da célula Braille: nota e figura musical



2.1.1.2 *Notas e Figuras Musicais – Mudanças no contexto musical*

Algumas células musicais Braille dependem do contexto musical, como é o caso das figuras musicais, pois duas figuras musicais totalmente diferentes são representadas pelo mesmo símbolo Braille.

A Tabela 2.1 exemplifica a dualidade de representação das figuras musicais no mesmo contexto.

Tabela 2.1 - Notas e figuras musicais com contextos duais

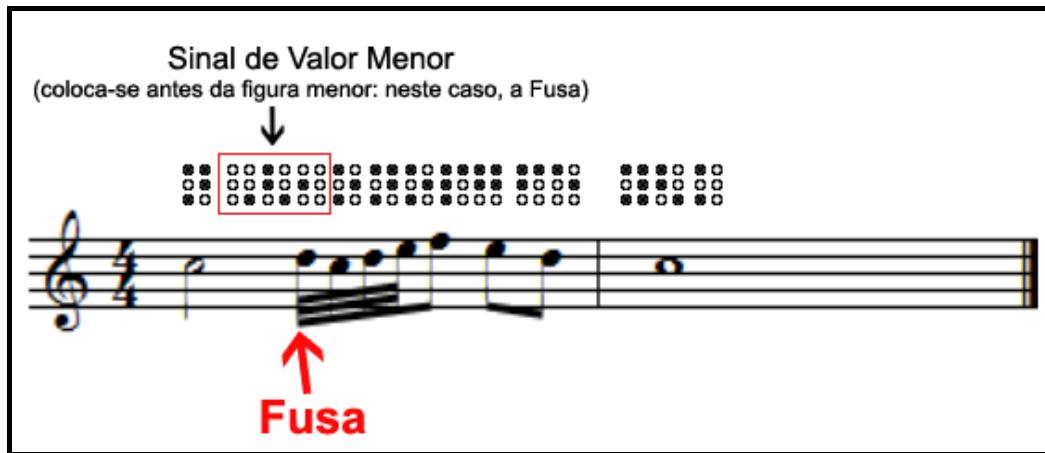
Estas figuras, para serem diferenciadas, ao ler a partitura em Braille, precisam ser antecipadas por outros códigos Braille, como mostra a Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Figuras musicais no contexto musical

Código Braille	Figuras Musicais no Contexto Musical	
	Prefixo para semiquartifusas	Exemplo: , etc.
	Separação de valores representados pelo mesmo grupo de sinais (semibreves e semicolcheias, etc.)	
	Valores Maiores (semibreve, mínima, semínima e colcheia)	
	Valores Menores (semitonada, fusa, semifusa e quartifusa)	
	Breve	Exemplo: (etc.)
	Pausa da Breve	

Para que o deficiente visual possa distinguir no contexto musical qual figura está sendo tocada, ele precisa utilizar mais símbolos que mostram que a figura vai ser mudada para um maior valor ou para um valor menor. Isso dificulta a leitura musical de uma pessoa que não possui deficiência visual. Para quem tem torna-se uma tarefa ainda mais árdua. Como exemplo deste caso, observe a Figura 2.3. Neste caso, três símbolos Braille são aumentados antes do símbolo da figura da fusa.

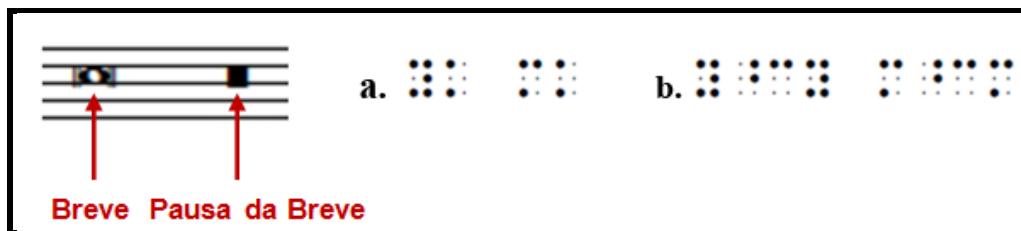
Figura 2.3 - Sinal de mudança da figura musical (KROLICK, 2004)



2.1.1.3 A Breve e a Pausa da Breve – duas maneiras de codificação Braille no contexto musical

A Breve, figura usada em partituras muito antigas, apresenta duas formas de representação, o que torna mais difícil a leitura musical em Braille. As duas formas de representação (a e b) são mostradas na Figura 2.4.

Figura 2.4 - Duas representações para a figura Breve



2.1.1.4 Os sinais de dinâmica-dualidade

Os sinais de dinâmica, como a Breve também apresentam duas formas de representação no código Braille:

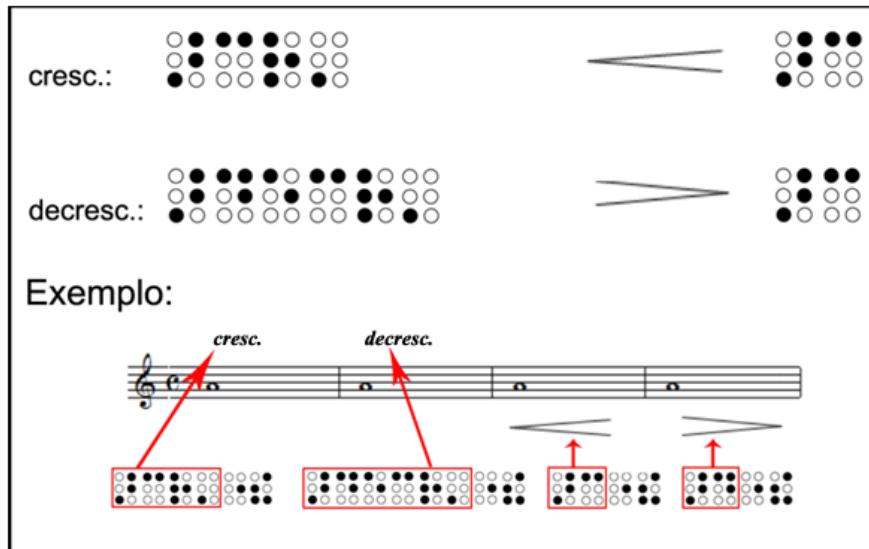
- uma para o **crescendo** e **decrescendo** na forma escrita:

- **cresc.**
- **decresc.**

- outra para o sinal de **crescendo** e **decrescendo**: << e >>

Observe o exemplo da Figura 2.5.

Figura 2.5 - Sinais de dinâmica



Observações Importantes:

As dualidades na Musicografia Braille existem, mas isso não impossibilita o deficiente visual de aprendê-las.

Para todos os sinais transcrição musical convencional existe uma codificação Braille correspondente. Devemos, entretanto notar, que há ambigüidades nesta codificação. Por exemplo, semibreves e semicolcheias têm a mesma notação. Isso, entretanto, raramente causa confusão. (BORGES; TOMÉ, 2012).¹⁸

A existência das dualidades na Musicografia Braille aumenta a quantidade de códigos para serem decorados, o que dificulta a leitura musical.

Felizmente, hoje em dia existem programas que auxiliam o deficiente visual nessa tarefa árdua de decorar tais códigos.

[...] Existem muitos símbolos musicográficos, e toma certo tempo decorá-los todos. Para nossa sorte, entretanto, os programas de musicografia oferecem ajudas e um dicionário *online* que praticamente eliminam esta necessidade de decorar. (BORGES; TOMÉ, 2012).¹⁹

2.1.2 Problemas existentes na Musicografia Braille

Existem problemas relevantes na Musicografia Braille:

¹⁸Manual do programa Musibraille v.1.4. Disponível em: <<http://www.musibraille.com.br/textos.htm>>. Acesso em 07 abr. 2012.

¹⁹Manual do programa Musibraille v.1.4. Disponível em: <<http://www.musibraille.com.br/textos.htm>>. Acesso em 07 abr. 2012.

- 1- falta de conhecimento da musicografia Braille pelos professores de música
- 2- dificuldade na inclusão de músicos deficientes visuais nas escolas de música regular
- 3- escassez de material bibliográfico transscrito para o Braille
- 4- complexidade da Musicografia Braille

O primeiro e o segundo problema citados são comentados por Bonilha (2010) e por Borges (2012). O terceiro e o quarto problema são abordados pela UNICAMP em seu jornal. A Dra. Fabiana Bonilha é uma deficiente visual, doutora em Musicografia Braille na UNICAMP e o Dr. José Antônio Borges é doutor em Engenharia de Sistemas e Computação da UFRJ, autor do software para deficientes musicais MUSIBRAILLE. Comentam os mesmos:

[...] Assim, a situação hoje é que, como os professores de música não têm conhecimento da musicografia Braille, acabam por recusar-se a lecionar para estudantes cegos por julgarem impossível passar para eles o conteúdo das partituras com efetividade. Desta forma, torna-se muito difícil a inclusão de músicos cegos nas escolas de música regular. [...] **Capacitação de professores de música e arte-educadores em nível nacional** [...] Nesta capacitação, cursos de musicografia e de operação do MusiBraille são aplicados em nível regional. Foram contempladas no projeto as 5 regiões do Brasil, sendo as cidades escolhidas: Brasília, Recife, Belém Rio de Janeiro e Porto Alegre. (BORGES; TOMÉ, 2012).

No processo de ensino desta linguagem musical, afirma Fabiana, estão envolvidos três personagens distintos: o próprio aluno, o professor de música e o especialista no código. Cabe ao especialista transcrever e difundir as partituras, possibilitando que o aluno com deficiência visual estude música no ensino regular. (BONILHA, 2010).

Fabiana ingressou no curso de Música da Universidade em 1997 e, ao mesmo tempo, fez Psicologia na PUC-Campinas. [...] Mas cursar duas faculdades simultaneamente não foi sua principal dificuldade e sim a escassez de material bibliográfico transscrito para o braile, sobretudo na área de partituras. Fabiana conta que a decisão de fazer o mestrado e doutorado na área de ensino e difusão da notação musical em braile foi motivada justamente por esta carência. [...] Como a leitura das partituras está na ponta dos dedos, torna-se necessário que o músico as decore. [...] Segundo Fabiana, sendo a musicografia braile complexa, sua decodificação exige um conhecimento musical aprofundado. (MATIAS, 2010).

2.1.3 Softwares que transcrevem partituras para o Braille

2.1.3.1 *Braille Music Editor (BME)*

BME é um editor de música que:

- reconhece os sinais de música em Braille.
- permite ouvir a música editada.

- permite converter um arquivo de música Braille para um outro formato e o imprime através do Finale.
- permite converter arquivos de música do Finale para o Braille.
- possui o recurso de imprimir as partituras na impressora Braille.²⁰

2.1.3.2 *Braille Fácil*

Uma vez que o texto esteja digitado, ele pode ser visualizado em Braille e impresso em Braille ou em tinta (inclusive a transcrição Braille para tinta) [...] A digitação de textos especiais (como codificações matemáticas ou musicais) pode ser feita com o auxílio de um simulador de teclado Braille, que permite a entrada direta de códigos Braille no texto digitado.²¹

2.1.3.3 *MusiBraille*

- permite a transcrição musicográfica Braille usando o teclado do computador para pessoas com pequena experiência com o uso de computadores.
- adota uma forma de digitação compatível com o estilo de digitação na máquina de escrever Braille (Perkins).
- durante a criação e editoração, as informações musicográficas podem ser mostradas tanto na forma de exibição musical quanto (possivelmente) em síntese de voz, quais os elementos que estão sendo manipulados.
- os formatos de arquivos são padronizados para permitir o intercâmbio com programas variados, tanto para entrada quanto para transformação de dados Braille para outros sistemas.
- distribuição gratuita.²²

2.1.3.4 *Sibelius Speaking*

- o Sibelius Speaking dá aos utilizadores cegos a oportunidade de trabalhar com a potência e flexibilidade de um programa de notação musical.
- combina elaborados *scripts* para o Jaws®, com manuais de utilização e ajuda online, ainda em inglês. Isto significa que os criadores cegos agora podem transferir as suas

²⁰ Software: Braille Music Editor. Disponível em: <<http://braille-music-editor.software.informer.com/>>. Acesso em 14 jul. 2012.

²¹ Software: Braille Fácil 3.5a. Disponível em:<<http://intervox.nce.ufrj.br/brfacil/>>. Acesso em 01 nov. 2011.

²² Manual do programa Musibraille v.1.4. Disponível em: <<http://www.musibraille.com.br/textos.htm>>. Acesso em 07 abr. 2012.

idéias direta e independentemente, da cabeça para uma folha impressa. O Sibelius Speaking liberta o músico para criar o tipo de música que desejar, desde a mais tradicional até à menos tradicional.

- pode imprimir a música de forma a permitir que uma pessoa com visão possa entender, quer o convencional quer as anotações. Introduza as notas no seu teclado (convencional ou MIDI), ouça a composição, emende o que quiser e imprima quando estiver pronta para qualquer pessoa ler. ²³

2.1.4 Impressão em Braille

A impressão em Braille pode ser feita de várias formas:

- impressão à mão
- através de máquinas de digitação manual e impressoras

2.1.4.1 Impressão à mão

Através de duas ferramentas: a Reglete e o Punção utilizando papel adequado para permitir a pressão do punção sobre ele. O papel utilizado é branco, de gramatura especial (120g) e tamanho A4.²⁴

Reglete corresponde a uma régua dupla, que abre e fecha com apoio de dobradiças no canto esquerdo, e em cuja abertura é destinada ao papel, sendo fixado entre a régua superior e a inferior. Na régua superior, encontramos retângulos vazados, cada um compreendendo 6 pontos, na disposição de uma “cela” Braille e na inferior, podemos encontrar várias “celas” Braille todas em baixo relevo. O punção será colocado dentro de cada janela, e uma a uma pressiona-se os pontos desejados para cada letra. A escrita é feita da direita para a esquerda, sendo que o relevo será encontrado ao retirar e virar a folha, já que quando apertamos o punção na folha, o relevo será formado na face contrária e ao retirá-la, a leitura processa normalmente: da esquerda para a direita. O uso de reglete e punção no início da alfabetização é imprescindível, sendo substituído por outros recursos apenas no caso de limitações motoras graves que impeça o seu uso com qualidade. Recomenda-se neste caso, a utilização das máquinas de escrever Braille.²⁵

As figuras 2.6, 2.7 e 2.8 mostram o material utilizado para impressão manual, uso do reglete e papel utilizado.

²³Software: Sibelius Speaking. Disponível em:

<<http://www.tiflotecnia.com/produtos/software/sibelius.html>>. Acesso em 12 mai. 2011.

²⁴ CMDV Artigos Especiais. Disponível em:

<<http://www.artigosespeciais.com.br/produtos.php?opc=3&subcateg=17>> Acesso em 14 jul. 2012.

²⁵ Civiam - Necessidades Especiais. Disponível em:

<http://www.civiam.com.br/hot_reglete/reglete_puncao_como_usar.html> Acesso em 14 jul. 2012.

Figura 2.6 - Reglete e Punção



Fonte: COISAS DE CEGO²⁶

Figura 2.7 - Uso da Reglete e Punção



Fonte: CADEVI - Centro de Apoio ao Deficiente Visual²⁷

Figura 2.8 - Papel 120g, A4 utilizado em impressões em relevo nos Regletes e Punção



Fonte: Civiam – Necessidades Especiais²⁸

²⁶ COISAS DE CEGO. Disponível em: <<http://intervox.nce.ufrj.br/~fabiano/braille.htm>>. Acesso em 14 jul. 2012.

²⁷ CADEVI - Centro de Apoio ao deficiente Visual. Disponível em: <<http://www.cadevi.org.br/cursos/reabilitacao.php>>. Acesso em 14 jul. 2012.

²⁸ Civiam - Necessidades especiais. Disponível em: <<http://www.civiam.com.br/civiam/index.php/necessidadesespeciais/equipamentos-para-impressao-braille/papel-para-relevo-tateis-flexi-paper.html>>. Acesso em 14 jul. 2012.

2.1.4.2 Através de máquinas de digitação manual e impressoras

MÁQUINAS DE DATILOGRAFIA BRAILLE (Perkins ou tetra point): Permite a escrita Braille com maior velocidade, pois para as combinações com vários pontos, obtém-se as letras pressionando várias teclas ao mesmo tempo. A escrita se forma da esquerda para a direita, não havendo necessidade de retirar o papel para a leitura e suas teclas são destinadas aos 6 pontos da “cela” Braille, dispostos 3 de cada lado e com um intervalo equivalente a tecla destinada ao espaço entre caracteres. Também possui alguns botões para regulagens específicas, bem como retrocesso e mudança de linha. A escrita mecânica é de importância indiscutível e que deve ser valorizada como complemento a escrita manual, quando esta já estiver bem desenvolvida. É recomendada para cópia de textos grandes e quando há acúmulo de atividades no período escolar, permitindo que o d.v. não fique em desvantagem quanto ao conteúdo, facilitando sua interação com a classe.²⁹

A figura 2.9 apresenta uma máquina de escrever moderna de código Braille.

Figura 2.9 - Máquina de escrever da Perkins



²⁹ ESPAÇO BRAILLE: Deficiência Visual/Sistema Braille. Disponível em: <<http://intervox.nce.ufrj.br/~brailu/braille.html>>. Acesso em 14 jul. 2012.

2.1.5 Impressoras

Como a venda de impressoras Braille não é um item de prateleira das empresas de informática, para adquirir uma ou até para saber o preço isto é feito através de cotação e um pouco de paciência. Com os levantamentos e orçamentos obtidos, atualmente os preços iniciam com valores superiores à R\$ 10.000,00 (dez mil reais).

Com o avanço da tecnologia as impressoras atuais possuem ótima qualidade permitindo até a impressão de gráficos. Mas como o custo das mesmas é elevado, os deficientes visuais, principalmente em cidades do interior, têm que aguardar a edição de conteúdo pelas gráficas especializadas.

A Figura 2.10 mostra uma revenda com três modelos de impressoras.

Figura 2.10 - Impressoras Braille

The screenshot shows a web page from the Civiam website, specifically the 'Impressoras Braille' section. The page header includes the Civiam logo ('civiam desde 1964'), navigation links (Início, Simuladores-CAE, Ultrassom, Manequins Habilidades, Necessidades Especiais, Educação, Esportes, Gráfica Braille), and a search bar. The main content area displays three products:

- Impressora Braille de Alta Velocidade Braille Box V4** (COD: I002514) - Description: Impressora de alta velocidade, 900 pgs por hora, com nível de ruído surpreendentemente baixo, 65dB. Braille Box é uma obra-prima da Index Braille. Buttons: COTAR, Veja vídeos deste produto (video icon), Saiba mais, clique aqui, Adicionar para comparação.
- Impressora Braille Index 4x4 Profissional** (COD: I001659) - Description: A Impressora Braille Index 4x4 Pro é a ferramenta perfeita para produzir: informações públicas, relatórios, material de marketing, livros e provas escolares e impressos diversos. Buttons: COTAR, Saiba mais, clique aqui, Adicionar para comparação.
- Impressora Braille Everest D V4** (COD: I002563) - Description: É mais leve, tem mais estabilidade mecânica nas placas laterais, mais facilidade e praticidade na reposição do alimentador de papel, e muito mais! Buttons: COTAR, Saiba mais, clique aqui, Adicionar para comparação.

At the bottom of the page, there are pagination controls: 'Mostrar 10 por página' and 'Ordenado por: Posição ↑'.

Fonte: Civiam – Necessidades Especiais³⁰

³⁰ Civiam – Necessidades Especiais. Disponível em: <<http://www.civiam.com.br/civiam/index.php/necessidadesespeciais/equipamentos-para-impressao-braille/impressoras-braille.html>>. Acesso em 14 Dez. 2012.

A impressora Braille Box V4 da Figura 2.10 é uma das impressoras com bom recurso e apresenta, em relação ao Braille e às interfaces:

Braille

Velocidade de impressão de 900 páginas A4 por hora, correspondente a 250 cps
 Tecnologia Dot Forming com 3 cabeças de gravação e 13 martelos construídos em aço duro para melhor qualidade do Braille e da vida útil.
 Pontos Braille altura máxima 0,3 milímetros de tamanho máximo do diâmetro de 0,5mm
 fontes Braille 2,5 milímetros
 célula Braille pontos 6 e 8
 Max caracteres por linha 37 caracteres por linha
 Tátil gráfico resolução da posição do ponto até 50 Menor distância entre dois pontos DPI 17
 Braille buffer de texto 10,000 páginas número ilimitado de cópias

Interfaces

Multiplos Feedback sonoros; Chaves de status para tinta e Braille + LED
 USB padrão USB 2.0
 Rede de 100 MB padrão TCP / IP Possivelmente para instalar diretamente para um endereço IP em uma LAN
 interface serial de 9 pinos fêmea
 Fone de ouvido padrão 3,5 milímetros plug idêntica à do iPod, etc
 Interface Web embutido para monitoramento e configuração da impressora³¹

2.2 Numerofonia

A Numerofonia é um paradigma de ensino, leitura e escrita musical, totalmente diferente de uma CPN. A mesma tem crescido muito no mundo, principalmente para o ensino de crianças, pessoas semi-alfabetizadas e para grandes grupos.

A Numerofonia é utilizada por mais de 300 mil músicos em todo o mundo, tendo sido certificada pelo Ministério da Educação, Cultura e Desporto da Espanha (1988) e é reconhecida por várias autoridades e profissionais de renome, tal como o astrofísico britânico Stephen Hawking (ASCHERO; TAVARES, 2009).

O método tem se mostrado eficiente para o ensino de crianças a partir dos três anos de idade, apresentando simbologias simples iniciais antes de apresentar a representação numérica definitiva (ASCHERO; TAVARES, 2009).

³¹ Civiam – Necessidades especiais: Impressora Braille de Alta Velocidade Box V4. Disponível em: <http://www.civiam.com.br/civiam/index.php/impressora-braille-de-alta-velocidade-braille-box-v4.html>. Acesso 14 Dez. 2012.

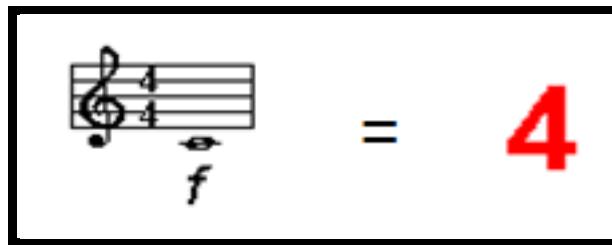
Tal método também tem sido utilizado para o ensino de adultos e pessoas com necessidades especiais, permitindo às mesmas aprender a compor e executar diversas peças musicais conforme Aschero e Tavares (2009), inclusive com orquestrações.

Um dos pontos fortes do Sistema Aschero é a potencialidade para o ensino simultâneo de música para vários alunos, o que é exigido atualmente nas escolas básicas e conservatórios de música, atendendo às solicitações e metas da Lei de Diretrizes e Bases atual.

2.2.1 Alguns dados sobre a Numerofonia

- em 2004 ocorreu com exclusividade, no Brasil, o workshop apresentando o Sistema de Numerofonia de Sérgio Aschero. A quantidade de pessoas que se inscreveram lotou com antecipação a quantidade máxima de pessoas reservada para o evento;
- a Numerofonia, também conhecida por Sistema Aschero (em homenagem ao músico que a criou), foi desenvolvida há mais de vinte anos, possibilita compor, ler e executar música com números e cores;
- Aschero é doutor em Musicologia pela Universidade de Madrid e mestre em Harmonia e Composição pelo Conservatório Superior de Música de Madrid;
- o Sistema Musical Aschero é certificado pelo Ministério da Educação, Cultura e Desporto da Espanha (1988) e reconhecido pelas autoridades daquele país, como também, pelo astrofísico britânico Stephen Hawking (Itália);
- a Numerofonia, como já foi dito anteriormente, trabalha com números e cores, que são paradigmas já assimilados por qualquer pessoa semi-alfabetizada, evitando que a mesma tenha que, além de aprender música, assimilar um sistema complexo de codificação musical gráfica, totalmente não aderente aos símbolos utilizados em sua comunicação diária;
- a notação musical tradicional representa um simples som com cinco símbolos: um pentagrama, uma clave, uma nota, uma fórmula de compasso e uma abreviatura de intensidade. A Numerofonia, por sua vez, representa o mesmo som com um único símbolo. A figura 2.12 mostra a equivalência da nota Dó5 em CPN com a Nota Dó5 em Numerofonia.

Figura 2.12 - Nota Dó5 em Numerofonia



2.2.2 Trabalhando com a NUMEROFONIA:

A execução de uma nota musical é representada por cores, números e seus respectivos tamanhos. A Figura 2.13, mostra a representação das notas musicais em Numerofonia, onde cada nome de uma nota musical equivale a uma cor.

Figura 2.13 - Código de cores para Notas Musicais em Numerofonia

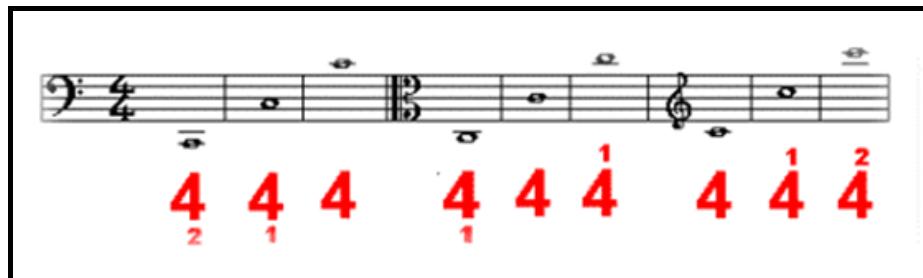
█	vermelho (Do)
█	laranja (Do # ou Re b)
█	amarelo limão (Re)
█	verde claro (Re # ou Mi b)
█	verde (Mi)
█	verde água (Fa)
█	azul claro (Fa # ou Sol b)
█	azul (Sol)
█	azul cobalto(Sol # ou La b)
█	violeta (La)
█	carmim(La # ou Si b)
█	rosa púrpura (Si)

Para a notação musical tradicional, as figuras musicais grafadas no pentagrama dependem do conhecimento da clave e da armadura de clave para que se possa determinar qual nota musical representam.

Na Numerofonia não há claves nem armadura de claves, as notas musicais são representadas por cores e números. Os números 1 e 2, posicionados nas partes superior e

inferior de um número qualquer representam oitavas acima ou abaixo da escala musical (equivalentes a linhas suplementares em uma CPN) como mostra a figura 2.14.

Figura 2.14 - Equivalência de notas Dó em diversas oitavas, CPN e Numerofonia



A notação musical tradicional necessita de signos para representar certas durações. Na Numerofonia, as durações são indicadas pelos próprios números. Assim, uma semínima é representada pelo numeral **1**, uma mínima, pelo **2**, uma mínima pontuada pelo **3**, uma semínima pelo **4** e assim por diante. As barras de separação de compasso são representadas por espaços entre os números, conforme figura 2.15.

Figura 2.15 - Representação de notas e tempos em Numerofonia



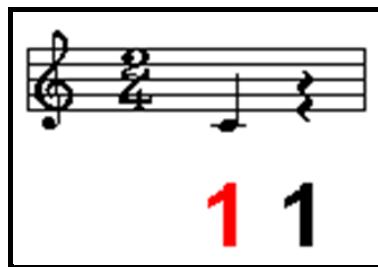
O Sistema Tradicional necessita de signos auxiliares (com é o caso do bemol e do sustenido). Utilizando a NUMEROFONIA os semitonos são representados de forma diferente: a cor laranja representa, por exemplo, a nota Do# e o Reb, conforme mostra a Figura 2.16.

Figura 2.16 - Notas com sostenidos/ bemóis em Numerofonia



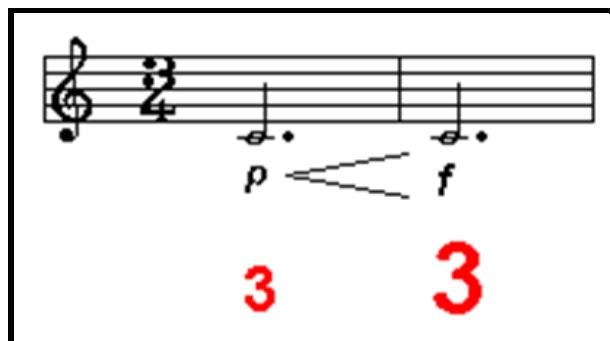
Trabalhando com o Sistema Tradicional, o som e o silêncio são representados com formas diferentes. Já a NUMEROFONIA utiliza números e cores para representá-los. No caso, o numeral 1 (preto) representa uma pausa de semínima, o 3 de uma colcheia e assim por diante, conforme mostra a figura 2.17.

Figura 2.17 - Notação de Pausa em Numerofonia



Na Notação Musical Tradicional (CPN) as mudanças de intensidade são representadas por letras. Já na Numerofonia as mudanças de intensidade são representadas com alterações nos tamanhos dos números, conforme mostra a figura 2.18.

Figura 2.18 - Representação de dinâmica da intensidade em NUMEROFONIA



2.2.3 Vantagens da Numerofonia

- a Numerofonia tem-se mostrado eficiente para o ensino de crianças a partir dos três anos de idade, bem como, também, para adultos e pessoas com necessidades especiais, permitindo às mesmas aprender a compor e executar diversas peças musicais;
- por trabalhar com números e cores este sistema é assimilado por qualquer pessoa semi-alfabetizada, evitando que a mesma tenha que, além de aprender música, assimilar um sistema complexo de codificação musical gráfica, totalmente não aderente aos símbolos utilizados em sua comunicação diária;

- um dos pontos fortes do Sistema Aschero é a potencialidade para o ensino simultâneo de música para vários alunos ao mesmo tempo, o que atende às solicitações e metas da Lei de Diretrizes e Bases atual (LDB).

2.2.4 Desvantagens da Numerofonia

- uma limitação do sistema é que ele não é acessível aos deficientes visuais;
- a análise musical tradicional é dificultada, já que a NUMEROFONIA não distingue, por exemplo, lá bemol de sol sustenido. A partitura numerofônica não possui armaduras de claves que determinam tonalidades;
- escrita de músicas polifônicas e multitimbrais (grades orquestrais) ocupam muito espaço para codificação.

2.2.5 Sistema de Aschero para deficientes visuais baseado na Numerofonia - Tactofonia

Em 2005, a autora desta tese e equipe publicaram um artigo no Congress On Engineering And Technology Education Gcete'2005, intitulado por “*Computation systems applied to the teaching of music for the deficient visual and children by using Numerofonia and a new proposed Braille codification*”, o qual deu início à uma pesquisa que culminou no trabalho desta tese.

Após a publicação deste artigo, o autor da Numerofonia, Sérgio Aschero, contatou a equipe para poder trabalhar com o tema, o qual vislumbrou grandes contribuições. Infelizmente a distância, na época, inviabilizou a parceria.

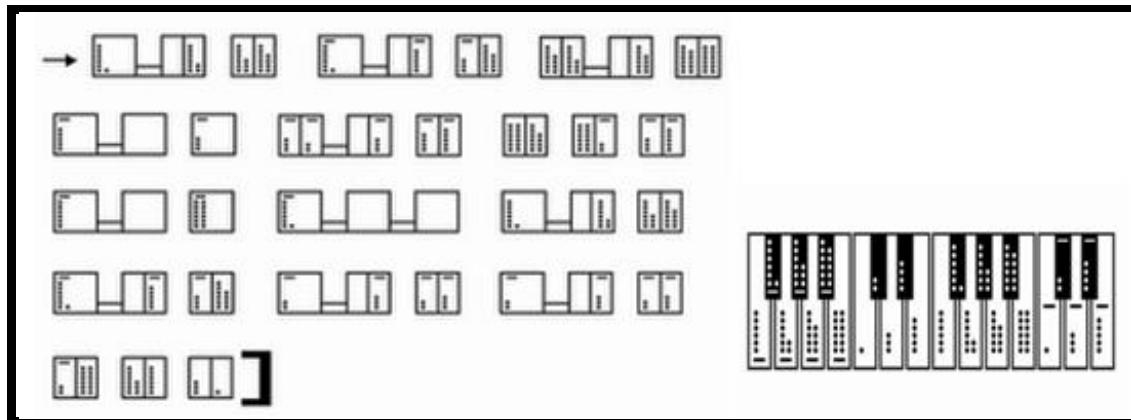
Em 2008, Aschero apresentou uma proposta de trabalho para leitura musical para deficientes musicais tendo como base a Numerofonia, denominando seu sistema por Tactofonia de Aschero³².

Este método não possui documentação ou artigos que permitam avaliá-lo, ficando restrito ao uso pelo próprio autor e equipe.

³² ASCHEROPUS: UNA TEORÍA EVOLUTIVA DE LOS LENGUAJES. Disponível em: <<http://ascheropus.blogspot.com.br/2008/01/tactofona-de-aschero.html>>. Acesso em 14 Jul. 2012.

No trabalho de mestrado de Gomes (2010), sobre música e cores, o mesmo não aborda mais do que mostrado na Figura 2.19, nada comentando sobre este método. Nenhum outro trabalho foi encontrado sobre o tema.

Figura 2.19 - Tactofonia de Aschero



2.3 MIDI

MIDI é um protocolo padrão universal que apresenta um conjunto de mensagens capazes de levar toda a informação necessária a um equipamento musical eletrônico digital para torná-lo capaz de gerar ou reproduzir músicas ou fenômenos associados às mesmas.

MIDI não é um formato de registro sonoro de música, não armazena o sinal digitalizado de uma música, mas sim instruções de como um sintetizador físico ou virtual deverá executar uma música nota a nota, evento por evento. Assim, o aumento do tempo de execução musical não implica em nenhum aumento significativo de utilização de memória para armazenar a música. O aumento do tempo de uma música, de suas notas, só mudaria a informação do tempo de duração de cada nota, o que gasta de 1 a 4 bytes de informação.

2.3.1 SMF Formato 0 e Formato 1: diferença básica

Uma música MIDI pode ser armazenada em um arquivo SMF (Standard MIDI File) em dois formatos:

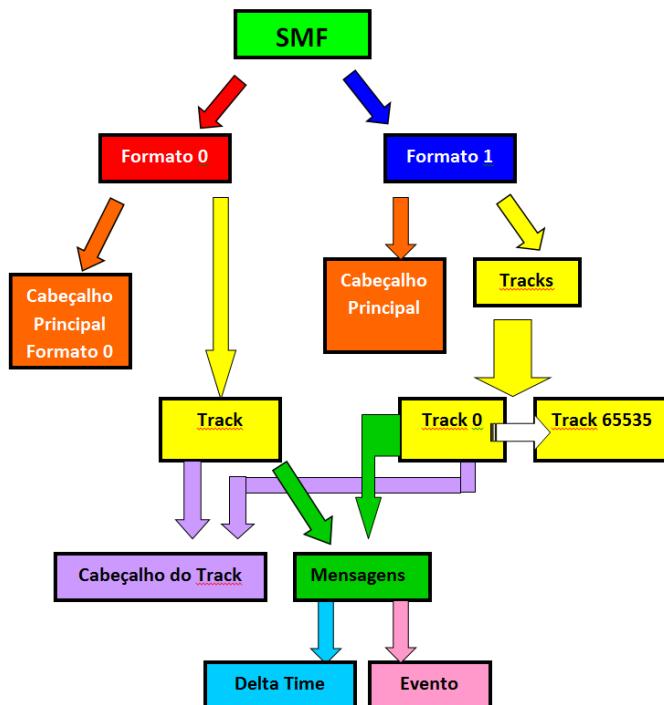
- O formato 0
- O formato 1

A diferença básica entre os formatos 0 e 1 é que no formato 0 todas as notas de todos os canais são registradas no arquivo SMF em apenas um *track*³³ (uma pista). No formato 1, cada canal MIDI é registrado no arquivo SMF em um *track* independente (LOPES, 2004).

2.3.2 O Arquivo MIDI SMF

Tanto o arquivo SMF formato 0 quanto o formato 1 possuem um cabeçalho contendo os parâmetros musicais necessários para a grafia da música no formato MIDI, bem como algumas informações sintáticas do arquivo. A seguir, é apresentada a estrutura dos arquivos SMF contendo as informações mínimas necessárias para o entendimento da hierarquia da mesma e a formatação dos SMF. No Diagrama 2.20 os códigos de status e dados são apresentados em hexadecimal para facilitar a visualização dos mesmos.

Figura 2.20 - Estrutura dos arquivos SMF

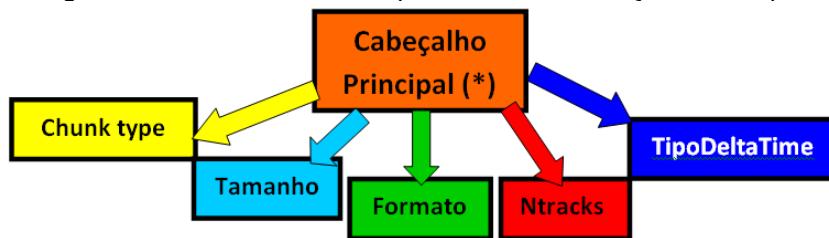


2.3.2.1 Cabeçalho Principal

A estrutura dos arquivos SMF do Cabeçalho Principal é visualizada na Figura 2.21.

³³ O protocolo MIDI prevê um número máximo de 16 canais MIDI.

Figura 2.21 - Estrutura dos arquivos SMF -> Cabeçalho Principal



- (*) - uma diferença entre o formato 0 e o 1, no **Cabeçalho Principal**, está no campo **Formato**, como pode ser visto na tabela 2.3. Pode-se perceber que o tipo de formato é definido por dois bytes, permitindo que novos formatos possam ser criados, até o limite de 65.536 (de 00 00 a FF FF). Outros formatos foram idealizados inicialmente, tal como o formato 2, mas, com o tempo, chegou-se à conclusão de que apenas os formatos 0 e 1 são suficientes para as aplicações existentes;
- outra diferença está no campo **Ntracks**, onde, no formato 0, sempre será 0001, ou seja, o formato 0 só possui um *track* para registrar as mensagens de todos os canais MIDI, enquanto, no formato 1, pode-se ter até 65.536 *tracks* (de 00 00 a FF FF).

Na tabela 2.3 são mostradas informações mínimas do Cabeçalho Principal de um arquivo MIDI SMF.

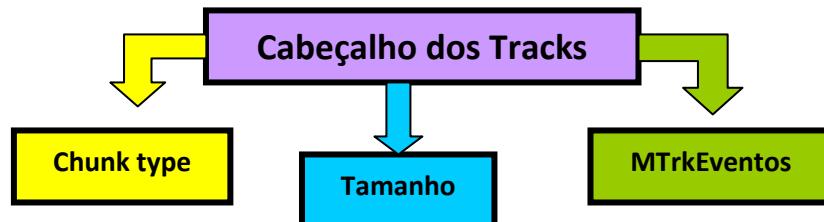
Tabela 2.3 - Informações mínimas necessárias de um arquivo MIDI SMF -> Cabeçalho Principal

Chunk type	: 4 bytes: Mthd = 4D 54 68 64.
Tamanho	: Tamanho do Cabeçalho Principal: 6 bytes, sendo 2 bytes para indicar o Formato, 2 bytes para indicar Número de <i>Tracks</i> , 2 bytes para indicar o Tipo de DeltaTime.
Formato	: Indica o Formato com 2 bytes.: Formato 0 = 00 00, Formato 1 = 00 01
Ntracks	: Número de <i>Tracks</i> da música, sendo um <i>track</i> para cada canal MIDI e mais um para as configurações (metrônomo, armadura de clave, fórmula de compasso, etc). Possui 2 bytes.
TipoDeltaTime	: Indica o Tipo de DeltaTime. Possui 2 bytes. Se o bit mais significativo for 0 (zero) o DeltaTime será do tipo ppp. Se o bit mais significativo for 1 será do tipo SMPTE.

2.3.2.2 Cabeçalho dos Tracks

No Figura 2.22 é visualizada a estrutura dos arquivos SMF do Cabeçalho dos Tracks.

Figura 2.22 - Estrutura dos arquivos SMF -> Cabeçalho dos Tracks



1. Chunk Type

Chunk type	: 4 bytes: Mtrk = 4D 54 72 6B.
-------------------	--------------------------------

2. Tamanho

Tamanho	: Possui 4 bytes. Indica a soma de todos os bytes do <i>track</i> , incluindo os 3 bytes indicativos do fim do <i>track</i> : FF 2F 00.
----------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. MtrkEventos

MtrkEventos	: DeltaTime Eventos
--------------------	--------------------------

DeltaTime	: Possui de 1 a 4 bytes. Indica quanto tempo o dispositivo, que está lendo e executando o arquivo MIDI, deverá esperar para iniciar a execução do evento que o segue.
------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Eventos

Eventos	: EventosMIDI EventosSysex MetaEventos
----------------	--------------------------------------------------

EventosMIDI	: A quantidade de bytes dependerá do tamanho do arquivo. Evento MIDI é qualquer mensagem de canal, ou seja, eventos de notas e os controles aplicados à elas.
--------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

EventosSysex	:	F0 _H	Tamanho	BytesTrans	
Tamanho	:	O número de bytes dependerá do tamanho do Evento Sysex			
BytesTrans	:	São os Bytes Transmitidos pelo Evento Sysex. Deverá terminar com o byte F7 _H .			

MetaEventos	:	Tipo	Tamanho	Texto
<p>São eventos não-MIDI contendo informações úteis, e necessárias para os equipamentos que executarão os eventos MIDI. Um Meta-Evento inicia-se com o byte FF. Os equipamentos que não reconhecem todos os tipos de Meta-Eventos devem ignorá-los sem emitir mensagem de erro.</p>				
Tipo	:	<p>A quantidade de bytes dependerá do tipo de Meta-Evento. Os principais são:</p> <ul style="list-style-type: none"> FF 51 = Set Tempo (Metrônomo). Possui 3 bytes. FF 58 = Fórmula de Compasso (Time Signature). Possui 4 bytes FF 59 = Armadura de Clave (Key signature). Possui 2 bytes. FF 2F = Fim de <i>Track</i>. FF 01 = Texto. A quantidade de bytes varia de acordo com o texto. FF 04 = Nome do Instrumento. A quantidade de bytes varia de acordo com o instrumento. FF 05 = Letra da Música. A quantidade de bytes varia de acordo com o tamanho da letra. FF 06 = Marcas. A quantidade de bytes é variável. 		

Texto	: A quantidade de bytes varia de acordo com o texto.
--------------	------------------------------------------------------

Fim de Track	: FF 2F 00
---------------------	------------

2.3.3 Formalização dos tokens e da gramática de um arquivo MIDI SMF

Para se implementar um compilador **MIDI SMF -> TEXTO** é necessário conhecer os tokens e a gramática dos arquivos SMFs. Como estas informações formais não são disponibilizadas no padrão MIDI, julgou-se oportuno fazê-lo neste trabalho, tanto para o entendimento por interessados na manipulação deste protocolo, quanto, principalmente, para se poder implementar um compilador MIDI->Interface DrMusicalLima.

A seguir, formaliza-se os tokens e a gramática dos arquivos MIDI SMF.

Observação:

- O sinal “=” será utilizado para definir formalmente um tokem, utilizando expressões regulares ou, também, expressões matemáticas (em conjunto ou separado).
- O sinal \rightarrow será utilizado para definir uma regra de produção da gramática

2.3.3.1 Tokens das Produções - Cabeçalho Geral

- | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • IdentificadorTP = “MThd” • TamanhoTP = 00 00 00 06 • FormTP0 = 00 00 • FormTP1 = 00 01 • Ntrilhas = BYTE BYTE • DivSemínimas = BYTE BYTE • BYTE = { b b \in N e b < 256} |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

2.3.3.2 Regra de Produção – Trilha

- | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Trilha \rightarrow “Mtrk” TamanhoT Eventos 00 255 47 00 • TamanhoT = BYTE BYTE BYTE BYTE |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

2.3.3.3 Regras de Produção de Eventos

- Eventos -> DeltaTime NotaAtivada Eventos
- Eventos -> DeltaTime NotaAtivada
- Eventos -> DeltaTime NotaDesativada Eventos
- Eventos -> DeltaTime NotaDesativada
- Eventos -> DeltaTime PressãoNaTecla Eventos
- Eventos -> DeltaTime PressãoNaTecla
- Eventos -> DeltaTime PressãoNoTeclado Eventos
- Eventos -> DeltaTime PressãoNoTeclado
- Eventos -> DeltaTime Controles Eventos
- Eventos -> DeltaTime Controles
- Eventos -> DeltaTime MudançaDePrograma Eventos
- Eventos -> DeltaTime MudançaDePrograma
- Eventos -> DeltaTime VariaçãoDoPitchBend Eventos
- Eventos -> DeltaTime VariaçãoDoPitchBend
- Eventos -> DeltaTime MensagemExclusiva Eventos
- Eventos -> DeltaTime MensagemExclusiva
- Eventos -> DeltaTime ControleLocal Eventos
- Eventos -> DeltaTime ControleLocal
- Eventos -> DeltaTime DesativaTodasNotas Eventos
- Eventos -> DeltaTime DesativaTodasNotas
- Eventos -> DeltaTime OmniOn Eventos
- Eventos -> DeltaTime OmniOn
- Eventos -> DeltaTime OmniOff Eventos
- Eventos -> DeltaTime OmniOff
- Eventos -> DeltaTime MetaEvento Eventos
- Eventos -> DeltaTime MetaEvento
- Eventos -> “”
- DeltaTime -> DADOS
- DeltaTime -> STATUS DADOS
- DeltaTime -> STATUS STATUS DADOS
- DeltaTime -> STATUS STATUS STATUS DADOS

2.3.3.4 Eventos

2.3.3.4.1 Formalização e função da regra de produção NotaAtivada (note on)

Função: Comando para ativar (tocar) uma determinada nota musical, com um determinado volume (denominado no MIDI por velocidade).

Formalização:

- NotaAtivada -> StatusNA Dado1 Dado2
- StatusNA = {na | na ∈ BYTE e 143 < na < 160}
- Dado1 = { d | d ∈ BYTE e d < 128}
- Dado2 = { d | d ∈ BYTE e d < 128}

Onde:

- Dado1 = Nota musical
- Dado2 = Volume

2.3.3.4.2 Formalização e função da regra de produção NotaDesativada (note off)

Função: Comando para desativar uma determinada nota musical.

Formalização:

- NotaDesativada -> StatusND Dado1 Dado2
- StatusND = { nd | nd ∈ BYTE e 128 < nd < 143}
- Dado1 = { d | d ∈ BYTE e d < 128}
- Dado2 = { d | d ∈ BYTE e d < 128}

Onde:

- Dado1 = Nota musical
- Dado2 = Volume (qualquer valor, já que a nota será desativada)

2.3.3.4.3 Formalização e função da regra de produção PressãoNaTecla (Aftertouch)

Função: Comando que indica a pressão efetuada pelo intérprete no atuador do instrumento MIDI: no caso de um teclado, o atuador é uma tecla; em um violão MIDI, o atuador é uma corda; e em um instrumento de sopro MIDI (sax ou flauta), o atuador é a ação do sopro no bocal. Este comando permite a construção de teclados sensitivos, ou seja, que simulem o “peso” de uma tecla de um piano acústico, por exemplo.

Formalização:

- PressãoNaTecla -> StatusPT Dado1 Dado2
- StatusPT = {na | na ∈ BYTE e 160 < na < 175}
- Dado1 = { d | d ∈ BYTE e d < 128}
- Dado2 = { d | d ∈ BYTE e d < 128}

Onde:

- Dado1 = Nota musical
- Dado2 = Pressão

2.3.3.4.4 Formalização e função da regra de produção PressãoNoTeclado (Channel Pressure)

Função: Semelhante à pressão na tecla, com a diferença que não é analisada nota a nota e sim válida para todas as notas dos instrumentos. Este é um recurso utilizado em teclados mais baratos (já quase em desuso com a tecnologia atual)

Formalização:

- PressãoNoTeclado -> StatusPTO Dado
- StatusPTO = {na | na ∈ BYTE e 208 < na < 223}
- Dado = { d | d ∈ BYTE e d < 128}

Onde:

- Dado1 = Valor da pressão

2.3.3.4.5 Formalização e função da regra de produção Controles (Control change)

Função: Comandos destinados ao controle dos controladores MIDI (teclado, violão ou instrumento de sopro MIDI), por exemplo, controle de volume (controle 7) e o controle de pedal de sustain (controle 64). Os controles podem ser combinados gerando novos controles, permitindo que o padrão não fique limitado a 128 controles, o que tornaria o padrão MIDI obsoleto com o incremento de novas potencialidades que a tecnologia incorpora aos instrumentos dia a dia.

Formalização:

- Controles -> StatusC Dado1 Dado2
- StatusC = {na | na ∈ BYTE e 176 < na < 191}
- Dado1 = { d | d ∈ BYTE e d < 121}
- Dado2 = { d | d ∈ BYTE e d < 128}

Onde:

- Dado1 = Número do controle
- Dado2 = Valor

2.3.3.4.6 Formalização e função da regra de produção MudançaDePrograma (Program Change – patch)

Função: Comando que altera o timbre que o canal está executando. Um timbre é denominado em MIDI como um programa.

Formalização:

- MudançaDePrograma -> StatusMP Dado
- StatusMP = {na | na ∈ BYTE e 192 < na < 207}
- Dado = { d | d ∈ BYTE e d < 128}

Onde:

- Dado1 = Número do programa

2.3.3.4.7 Formalização e função da regra de produção VariaçãoDoPitchBend (Pitch Wheel)

Função: Comando que muda (faz variações pré-determinadas) na freqüência da nota musical que está sendo executada. O valor desta variação pode ser especificado pelo intérprete.

Formalização:

- VariaçãoDoPitchBend -> StatusC Dado1 Dado2
- StatusC = {na | na ∈ BYTE e 224 < na < 240}
- Dado1 = { d | d ∈ BYTE e d < 128}
- Dado2 = { d | d ∈ BYTE e d < 128}

Onde:

- Dado1 = Valor do Byte menos significativo
- Dado2 = Valor do Byte mais significativo

2.3.3.4.8 Formalização e função da regra de produção MensagemExclusiva (System Exclusive)

Função: Servem para enviar mensagens especiais, não previstas pelo padrão MIDI, de uma máquina MIDI para outra. Estas mensagens podem ter qualquer tamanho. Deve apenas iniciar e finalizar da mesma forma, conforme formalização a seguir. Cada equipamento MIDI possui suas mensagens exclusivas, a uma única coisa que uma mensagem exclusiva tem em comum com outra são os bytes de começo e fim. Elas podem ter qualquer tamanho. Praticamente todo o aparelho MIDI tem seu código que o possibilita receber uma mensagem

MIDI, evitando que outros equipamentos não autorizados a recebam. Existem mensagens exclusivas que também são comum à maioria dos equipamentos MIDI, sendo as mesmas, objeto de formalização nas regras de produção, tais como:

- **GM System Enable/Disable** — Configura o instrumento para trabalhar com o padrão GM (General MIDI).
- **Master Volume** — Controla o volume de todos os seus canais de uma só vez.
- **MIDI Clock** — Mensagem utilizada para sincronizar dois ou mais seqüenciadores para que executem uma música no mesmo andamento. Uma vez utilizada, o andamento da música não poderá mais ser alterado.
- **MIDI Time Code** — Mensagem que marca o tempo absoluto de uma execução musical. Ela não depende do andamento da música.
- **Song Position Pointer** — Utilizada, também, para sincronizar dois equipamentos MIDI, seja em qual parte da execução o equipamento mestre estiver.

Formalização:

- | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • MensagemExclusiva -> IdentificadorME TamanhoME CorpoME • IdentificadorME = 240 • TamanhoME = BYTE • CorpoME = ME BF • ME = [BYTE]+ • BF = 247 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

2.3.3.4.9 Formalização e função da regra de produção ControleLocal (local On – local Off)

Função: Ativando este controle (local On), toda execução que o intérprete fizer no seu controlador MIDI (teclado, Sax MIDI, Flauta MIDI, violão MIDI, percussão MIDI, etc.) fará com que o mesmo produza som e envie as mensagens MIDI equivalentes. Se este controle estiver desativado (local Off), o controlador MIDI envia os comandos MIDI, mas não produz os sons ativados pela sua interpretação.

Formalização:

- ControleLocal -> StatusCL Dado1 Dado2
- StatusCL = {na | na ∈ BYTE e 176 < na < 191}
- Dado1 = 122
- Dado2 = 0 | 127

Onde:

- Dado1 = Número do controle
- Dado2 = 0 desabilita e 127 habilita

2.3.3.4.10 Formalização e função da regra de produção DesativaTodasNotas (All notes off)

Função: Este mensagem desliga todos os sintetizadores internos do equipamento MIDI. Ela é bastante útil quando o sistema de reprodução da música “dispara”. Muitos programas trazem um botão denominado “Pânico” que ao ser pressionado emite tal mensagem.

Formalização:

- DesativaTodasNotas -> StatusDTN Dado1 Dado2
- StatusDTN = {na | na ∈ BYTE e 176 < na < 191}
- Dado1 = 123
- Dado2 = 0

Onde:

- Dado1 = Número do controle
- Dado2 = 0 desativa

2.3.3.4.11 Formalização e função da regra de produção OmniOn

Função: Este modo é muito utilizado quando se quer conectar um equipamento MIDI a outro sem ter que configurar qual canal utilizará para transmitir e qual deverá receber. O receptor irá receber e interpretar mensagens em qualquer canal MIDI, polifonicamente (Modo 1) ou monofonicamente (Modo 2). Com o avanço tecnológico atual, todos os módulos MIDI são polifônicos, caindo, portanto, esta mensagem, em desuso.

Formalização:

- OmniOn -> StatusOn Dado1 Dado2
- StatusOn = {na | na ∈ BYTE e 176 < na < 191}
- Dado1 = 125
- Dado2 = 0

Onde:

- Dado1 = Número do controle
- Dado2 = 0 ativa

2.3.3.4.12 Formalização e função da regra de produção OmniOff

Função: No modo Poly (Modo 3), esta mensagem faz com que o instrumento MIDI só aceite comandos de apenas um canal, polifonicamente. Nos módulos multitimbrais, cada instrumento será encaminhado a um canal. No modo Mono (Modo 4), utilizado em instrumentos como guitarras MIDI, cada corda do mesmo é enviada a um canal diferente, mesmo sendo frutos de um mesmo instrumento.

Formalização:

- OmniOff -> StatusOff Dado1 Dado2
- StatusOff = {na | na ∈ BYTE e 176 < na < 191}
- Dado1 = 124
- Dado2 = 0

Onde:

- Dado1 = Número do controle
- Dado2 = 0 desativa

2.3.3.4.13 Formalização e função da regra de produção MetaEvento

Função: Eventos não executados por um músico em uma interpretação, contendo informações úteis e necessárias para os equipamentos que executarão os eventos MIDI. Como exemplo, pode-se citar: lirismo, fórmula de compasso, tonalidade, texto, etc. Os equipamentos que não reconhecem todos os tipos de meta-eventos deverão ignorá-los sem emitir mensagem de erro. Para que isto seja possível, o equipamento deverá pelo menos

reconhecer o tamanho do meta evento para que possa ignorá-lo e seguir com a leitura do arquivo. Os meta-eventos cancelam qualquer running status³⁴, bem como não podem utilizar running status para novos meta-eventos. Todos os arquivos MIDI devem pelo menos conter os meta-eventos de metrônomo e de fórmula de compasso. Neste item serão formalizados os meta-eventos mais conhecidos e utilizados nos SMFs.

Formalização

- MetaEvento -> IdentificadorME mEvento
- mEvento -> Texto TamanhoMeTx CorpoMeTx
- mEvento -> DireitoAitoral TamanhoMeDA CorpoMeDA
- mEvento -> Título TamanhoMeTi CorpoMeTi
- mEvento -> NomeInstrumento TamanhoMeNI CorpoMeNI
- mEvento -> Lirismo TamanhoMeLi CorpoMeLi
- mEvento -> Marcador TamanhoMeMc CorpoMeMc
- mEvento -> SugestaoDePonto TamanhoMeSP CorpoMeSP
- mEvento -> FimDeTrilha TamanhoMeFT CorpoMeFT
- mEvento -> Tempo TamanhoMeTp CorpoMeTp
- mEvento -> InicioSMPTE TamanhoMeIS CorpoMeIS
- mEvento -> FormulaDeCompasso TamanhoMeFC CorpoMeFC
- mEvento -> ArmaduraDeClave TamanhoMeAC CorpoMeAC
- mEvento -> SequenciadorEspecifico TamanhoMeSE CorpoMeSE

- | | |
|--------------------------|-------|
| • IdentificadorME | = 255 |
| • Texto | = 01 |
| • DireitoAitoral | = 02 |
| • Título | = 03 |
| • NomeInstrumento | = 04 |
| • Lirismo | = 05 |
| • Marcador | = 06 |
| • SugestaoDePonto | = 07 |
| • PrefixoDeCanal | = 32 |
| • FimDeTrilha | = 47 |
| • Tempo | = 81 |
| • InicioSMPTE | = 84 |
| • FormulaDeCompasso | = 88 |
| • ArmaduraDeClave | = 89 |
| • SequenciadorEspecifico | = 127 |

³⁴ Running status – Se o status de um evento for o mesmo do registrado no evento anterior, o evento presente não precisa vir acompanhado do status, ou seja, segue o status corrente anterior (running status)

- TamanhoMeTx = BYTE
- TamanhoMeDA = BYTE
- TamanhoMeTi = BYTE
- TamanhoMeNI = BYTE
- TamanhoMeLi = BYTE
- TamanhoMeMc = BYTE
- TamanhoMeSP = BYTE
- TamanhoMePC = 01
- TamanhoMeFT = 00
- TamanhoMeTp = 03
- TamanhoMeIS = 05
- TamanhoMeFC = 04
- TamanhoMeAC = 02
- TamanhoMeSE = BYTE

- CorpoMeTx -> TEXTO
- CorpoMeDA -> TEXTO
- CorpoMeTi -> TEXTO
- CorpoMeNI -> TEXTO
- CorpoMeLi -> TEXTO
- CorpoMeMc -> TEXTO
- CorpoMeSP -> TEXTO
- CorpoMePC -> PP
- CorpoMeFT -> “”
- CorpoMeTp -> BYTE BYTE BYTE
- CorpoMeIS -> HH MM SS QQ SQ
- CorpoMeFC -> NN DD CC BB
- CorpoMeAC -> SF MI
- CorpoMeSE -> SE

- HH = [0-23] +
- MM = [0-59] +
- SS = [0-59] +
- QQ = [0-30] +
- SQ = [0-99] +
- NN = [1-9] +
- DD = [1-9] +
- CC = [1-9] +
- SF = BYTE
- MI = 0 | 1
- TEXTO = [0-9A-Za-z]+
- SE = [BYTE] +

Os arquivos MIDI, assim, apresentam uma solução compacta para armazenamento de uma música.

O grande problema na sua utilização para implementação de sistemas de análise reside no fato de que a maioria destas informações não está explicitamente registrada nos mesmos conforme teoria musical, carecendo o programador de implementar sistemas de reconhecimento das estruturas musicais, tais como: duração de notas, tonalidade, metrônomo, divisão de compassos e outros mais.

CAPÍTULO 3

A TESE

Proposta de um sistema computacional utilizando metáforas aderentes à escrita e leitura musical por deficientes visuais e seus acompanhantes, utilizando células hexadecimais com quatro pontos em relevo, conceitos da Numerofonia e a codificação numérica do código Braille

3.1 Introdução

Esta tese propõe a criação de uma estrutura, uma nova formatação e metodologia aplicadas à escrita, ensino e auto-aprendizado de música para deficientes visuais, professores, familiares e os acompanhantes dos mesmos. Até então, como já visto nos capítulos anteriores, especialmente no Capítulo 2, o sistema utilizado para o ensino formal de música é, desde o século XIX, o proposto por Louis Braille, utilizando a notação tradicional musical (CPN – *Common Practice Notation*) como paradigma, como fundamento para seu método.

Assim como Louis Braille desenvolveu seu sistema, a Codificação Braille para deficientes visuais, inspirando-se na Escrita Nocturna³⁵ (Serra ou sonografia) de Charles Barbier, o método de escrita musical proposto nesta tese, nesta pesquisa, também utiliza os princípios criados por Charles Barbier³⁶, e a proposição de Braille³⁷.

Assim, como Braille buscou com seu sistema simplificar a codificação de Barbier, passando de uma célula de 12 pontos para uma de 6 pontos, reduzindo o número de códigos(células) para se decorar, o método desenvolvido nesta pesquisa utiliza células primárias de 4 pontos em relevo, reduzindo para 16 (2^4) o número de códigos a serem decorados pelo deficiente visual.

Baseando na mudança de paradigma utilizado por Aschero na NUMEROFONIA, o qual utilizou metáforas aderentes mesmo para crianças no início da alfabetização: número, cor e tamanho, idealizou-se um código de 4 pontos em relevos que também exigisse pouco conhecimento da alfabetização Braille por parte dos cegos e deficientes visuais, além de

³⁵ **Night writing** - Um método de comunicação tátil idealizado por Charles Barbier (MELLOR, 2006), o qual utilizava 2 colunas de 6 pontos em relevo para representar 34 fonemas da comunicação humana

³⁶ Utiliza 2 colunas com 6 pontos em relevo cada

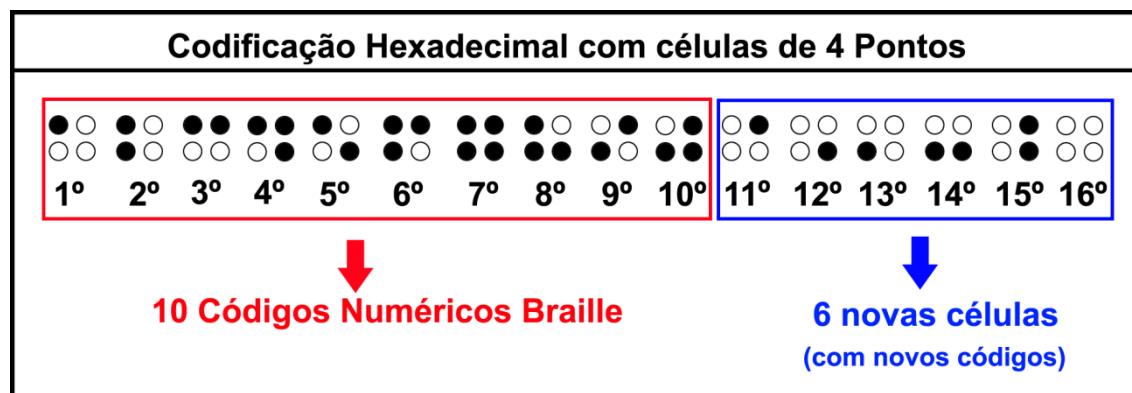
³⁷ Finalizada em 1824, com 15 anos de idade, e somente adotada em 1854, dois anos após a morte dele, a qual utiliza 2 colunas com 3 pontos em relevo cada.

facilitar a leitura mesmo por crianças (4 pontos são mais fáceis e rápidos de serem lidos do que 6).

Assim, na estrutura da musicografia proposta, definiu-se pela utilização das 10 codificações numéricas do código Braille (de 0 a 9), conhecido pela maioria dos deficientes visuais, e as 6 restantes, até então, pouco utilizadas no dia a dia do deficiente, permitindo ao mesmo associá-las aos símbolos musicais utilizados nesta tese sem causar confusão.

Assim como o sistema hexadecimal alfanumérico³⁸ aproveitou os seis códigos restantes na representação dos números decimais (10 códigos) em binário de quatro bits ($2^4=16$), partindo do mesmo raciocínio, o sistema proposto também aproveita os 6 códigos restantes³⁹ da codificação Braille para números⁴⁰ (bastam 4 pontos), gerando uma nova codificação hexadecimal com células de 4 pontos em relevo. A figura 3.1 antecipa a codificação que será mostrada com detalhes neste capítulo.

Figura 3.1 - Código hexadecimal em células de 4 pontos em relevo em coluna dupla de 2 pontos cada



Estas 6 novas células, somadas às 10 codificações numéricas Braille (já conhecidas pela maioria dos deficientes visuais), são suficientes, como será visto ainda neste capítulo, para representar toda a codificação musical.

3.2 Proposição da Tese

O ponto fundamental desta tese, o qual permite que as proposições a seguir sejam viáveis, é que uma informação tem que ser estruturada para que não haja possibilidade de dupla interpretação.

³⁸ Sistema Alfa Numérico hexadecimal: utilizando os dígitos de 0-9 mais 6 símbolos de A-F

³⁹ 6 combinações de células de 4 pontos

⁴⁰ Os números em Braille utilizam apenas 4 dos 6 pontos

Esta estrutura deve se repetir por toda a informação para que o cego não se perca e que possa iniciar a leitura da mesma em qualquer ponto.

Hoje em dia é desejável, por exemplo, em acessibilidade, que se coloquem marcadores estruturados no chão para que um cego possa transitar com segurança. Antes disto, se um cego fosse deixado em um local que não conhecesse, ele acabaria se perdendo ou se machucando. Ele poderia bater a cabeça em um galho de árvore, tropeçar em um obstáculo ou ocorrer outros imprevistos e acidentes.

Assim é a proposta da musicografia desta tese. Na Musicografia Braille, o cego não consegue ler a música a partir de qualquer ponto, devido à falta de uma estrutura padrão. Algumas informações possuem de 1 a 7 conjuntos de códigos de 6 pontos. Se um cego iniciar a leitura no meio de uma destas informações tudo perderia o sentido, já que o mesmo código utilizado no meio de uma informação possui vários significados em vários eventos musicais.

No sistema proposto, um mesmo código pode significar mais de uma informação (e vai), mas, o que impedirá do mesmo interpretá-la erroneamente será a estrutura. Em cada parte da estrutura, um mesmo código só possuirá um significado. Se o mesmo estiver no setor de nota, será uma nota, se estiver no setor de oitava, será uma oitava, se estiver no setor de figura musical, será uma figura musical e se estiver no setor de volume, será um volume.

Estes elementos básicos de um som são a base da estrutura da musicografia proposta, a saber:

- 1- Freqüência sonora (composta pelo nome de uma nota e sua oitava)
- 2- Duração do som (figura musical)
- 3- Intensidade, pressão sonora (volume)

Com tais informações uma pessoa pode reproduzir com segurança e fidelidade uma execução de um som ou música.

Como todos os códigos a serem descritos são estruturados, cada informação que compõe uma nota musical estará presente em uma localização precisa e padrão, evitando leituras e interpretações errôneas.

Outro ponto fundamental desta tese é a redução do número de códigos a serem decorados pelo cego em relação à Musicografia Braille (KROLICK, 2004). Ao se analisar os elementos musicais básicos que compõem o som e sua representação tradicional, observa-se uma

associação praticamente direta com o sistema de numeração. Isto pode ser observado na notação internacional dos elementos musicais, tais como:

- **Figuras musicais:** os tempos de uma figura musical são:

- ◆ 0 -> breve
- ◆ 1->semibreve
- ◆ 1/2->mínima
- ◆ 1/4->semínima
- ◆ 1/8->colcheia
- ◆ 1/16->semitomada
- ◆ 1/32->fusa
- ◆

- **Nome de notas musicais** – Cada oitava inicia pela nota dó, assim, é natural associar a nota dó ao número 1, a nota dó# (réb) ao número 2, e assim por diante.

- **Oitava musical** – Também é natural associar a cada oitava a um número.

- **Volume da nota musical** – Mais uma vez é natural utilizar números para representar o volume. Caberá ao cego associar cada faixa de valores de volume a um símbolo de dinâmica musical.

Assim, partindo desta análise, propõe-se e deseja-se mostrar que:

- 1- É possível reduzir o número de códigos, sem perda de informação, utilizando células com pontos em relevo, tal como **Barbier** e **Braille** fizeram, de tal forma a simplificar a codificação musical para a escrita de música para deficientes visuais.
- 2- Organizar as informações em uma estrutura padrão simplifica o ato da leitura, bem como permite ao cego proceder a leitura em qualquer ponto da música, sem depender do contexto anterior.
- 3- É possível implementar toda a codificação e informação musical tradicional, utilizando apenas células primárias de 4 pontos em relevo, reduzindo o número de códigos a serem decorados para 16, sendo 10 deles já conhecidos na codificação **Braille** para números.

- 4- É possível implementar tal codificação, assim como, também, codificar com precisão a dinâmica dos volumes⁴¹, nota a nota, de qualquer música registradas em arquivos **MIDI SMF**⁴².
- 5- É possível implementar uma codificação para as informações musicais sem que sobrecargas duais dificultem a interpretação e identificação dos eventos musicais, permitindo que o deficiente visual possa iniciar a leitura da música em qualquer parte da mesma.
- 6- É possível criar soluções que facilitem o aprendizado da leitura musical formal para treinamento dos acompanhantes, assistentes dos deficientes, cobrindo a falta de profissionais, professores, especializados, fluentes na Musicografia Braille.
- 7- É possível projetar e implementar um sistema computacional que permita ao professor ou acompanhante entender a codificação musical utilizando uma metáfora de sua escolha, dentre as disponibilizadas no sistema (texto, Numerofonia, CPN ou musicografia desta tese), de tal forma que o mesmo possa auxiliar o deficiente visual, com segurança, na leitura musical, além de permitir que qualquer música grafada em formato MIDI SMF seja convertida para uma leitura simples pelo acompanhante e pelo deficiente visual.

3.3 O Desenvolvimento da Tese

Uma grande barreira no aprendizado formal de música por um deficiente visual reside no fato da dificuldade de se encontrar professores que dominem a codificação Braille existente. O problema se agrava quando o deficiente possui um assistente, acompanhante, que, além desta barreira, também não domina ou conhece a representação musical em partituras convencionais.

O sistema desenvolvido apresenta um paradigma que permite, com um menor esforço e dedicação, a capacitação pelos professores, familiares e assistentes do deficiente visual no aprendizado da notação Musical proposta e apresentada neste trabalho.

⁴¹ Na notação tradicional, a representação da dinâmica é através de símbolos relativos e sujeitos à interpretação e execução subjetiva de cada intérprete.

⁴² Standard **MIDI Files** - Nos arquivos MIDI SMF tem-se armazenado exatamente o volume de cada nota, em valores de 0 a 127, e, portanto, pode-se conhecer exatamente como o compositor, ou intérprete que gravou a música, executou o crescimento ou decrescimento do volume. Pode-se até traçar um gráfico do mesmo, e, se desejado, inferir a função equivalente.

Destaca-se ser isto relevante devido ao fato de que, uma vez que o assistente aprenda o paradigma e consiga ler as músicas, ficará mais fácil e motivado a ensinar ao deficiente visual, sob sua tutela, a nova codificação proposta. A implementação computacional das metáforas em uma interface aderente a cada tipo de assistente busca tornar isto possível.

3.4 Implementando as Proposições da Tese - Proposições 1, 2, 3, 4 e 5

Utilizando um código de seis pontos, tem-se 64 combinações possíveis. Para representar uma música, utilizando a teoria tradicional (CPN), existem muito mais que 64 codificações de figuras, pontos de aumento, notas e suas oitavas, dinâmica, armadura de clave, outros.

Assim, no código Braille para música, conforme apresentado no capítulo 2, para representar todas as informações de uma partitura, e para agilizar a leitura, a Musicografia Braille utilizou muitas sobrecargas duais, como, por exemplo, na representação das figuras musicais e dinâmicas, com o agravante das mesmas serem dependentes de contexto para sua identificação.

A dependência de contexto faz com que não se possa conhecer a execução de uma determinada nota musical independente de onde a mesma se encontre, obrigando o deficiente visual a ter que percorrer vários trechos de música para determinar como executar uma simples nota musical. Isto ocorre porque a sobrecarga ocorre em representações de um mesmo elemento musical, como que é o caso da duração de uma nota musical (figura musical). Como exemplo, já mostrado no Capítulo 2, um mesmo código pode representar uma figura musical Mínima ou uma Fusa, dependendo do contexto anterior. Apesar das justificativas de que é raro o uso destas figuras em uma mesma partitura, as mesmas ocorrem em muitas músicas eruditas. A tabela 3.1 apresenta algumas sobrecargas de mesmo tipo.

Tabela 3.1 - Sobrecargas em figuras musicais

Notas Musicais (em Braille)								Figuras Musicais
C Dó	D Ré	E Mi	F Fá	G Sol	A Lá	B Si	Pausa	
●●●	●○	●●○	●●●	●○○	○●○	○●●	●○○	Semibreves (♩) e Semicolcheias (♪)
○○○	○●●	○●○	○●○	○○○	○○○	○○○	○○○	Mínimas (♩) e Fusas (♪)
○○○	○●●	○●○	○●○	○○○	○○○	○○○	○○○	Semínimas (♩) e Semifusas (♪)
○○○	○●●	○●○	○●○	○○○	○○○	○○○	○○○	Colcheias (♩) e Quartifusas (♪)

3.4.1 A escolha de um paradigma de notação musical: a numeração decimal do Código Braille

A solução encontrada e aqui proposta, portanto, para simplificar a codificação musical para a escrita de música para deficientes visuais, utilizando células de pontos em relevo, diminuindo o número de códigos que o deficiente visual deverá decorar, sem a utilização de sobrecargas duais dependentes de contexto e reduzindo o número de pontos em relevo para quatro (16 códigos possíveis), teve que partir de uma mudança no paradigma, nas metáforas de representação musical, substituindo a CPN por outro princípio de notação.

As pesquisas e experimentações levaram à escolha da utilização da numeração decimal Braille, utilizando apenas os 4 pontos superiores do código de 6 pontos. Isto não confunde o cego devido, na numeração, os dois pontos inferiores nunca estarem em relevo.

3.4.1.1 *Numerofonia no auxílio dos acompanhantes dos deficientes visuais*

A utilização da Numerofonia como um dos paradigmas a ser utilizado na leitura musical pelos acompanhantes dos deficientes visuais foi para atender à proposição 3 da tese, ou seja, capacitar o mesmo a proceder a leitura musical de uma forma simples e já consagrada em vários países do mundo. É fundamental que o acompanhante do deficiente saiba ler, interpretar uma partitura musical, já que deverá repassar as informações musicais ao deficiente, até que o mesmo consiga prosseguir sozinho, com segurança, no processo de leitura musical com células com pontos em relevo.

Isto decorre devido, na maioria das vezes, o acompanhamento do deficiente visual ser feito pelos próprios familiares, principalmente no caso de deficientes carentes financeiramente, os quais, também, na maioria das vezes, não possuem conhecimento formal de leitura musical tradicional. O processo de leitura de uma CPN é extremamente complexo e demanda muito tempo de estudo e dedicação. Tempo é um bem precioso que a maioria dos acompanhantes, neste caso, não tem.

Uma vez que o conhecimento seguro da leitura musical seja assimilado pelo assistente do deficiente e a nova codificação em células com pontos em relevo seja aderente aos conceitos formais por ele já aprendido, o processo de ensino da leitura musical ao deficiente fica bem mais fácil de ser transmitido pelo acompanhante e assimilado pelo deficiente.

3.4.2 Musicografia Braille e os deficientes visuais

A Musicografia Braille também apresenta um problema para o cego que deseja encontrar partituras, principalmente de músicas recentes.

Mesmo existindo há alguns anos, conversores, programas de computador que convertem músicas MIDI para a Musicografia Braille, conforme visto no Capítulo 2, o deficiente visual deverá possuir uma excelente memória para reter de cor seu repertório, já que não terá como ler e tocar ao mesmo tempo⁴³.

Mesmo possuindo tais programas, o deficiente visual deverá estar bem familiarizado com a grafia musical Braille (o que não é comum) e ter acesso ou possuir os onerosos sistemas de impressão⁴⁴. Analisando estas dificuldades, ter que decorar o que foi lido, praticamente equivale ao deficiente escutar a música e tocar de ouvido (desde que sua percepção musical seja boa).

A proposição 6 desta tese busca minimizar tais problemas, ao se projetar e implementar uma interface que disponibilize as informações de uma música em formatos que permitam ao acompanhante entendê-las, com um paradigma aderente às limitações e conhecimentos do mesmo, juntamente com o código musical em células de pontos em relevo.

3.4.3 MIDI como formato intermediário na solução do problema da obtenção de músicas, principalmente as recentes

Esta tese apresenta uma solução para permitir a codificação automática de músicas, antigas ou recentes, tanto para o sistema Numerofônico, quanto o textual e para o proposto com células de 4 pontos, utilizando os princípios do método Braille e da NUMEROFONIA.

A solução para obtenção de músicas, recentes ou não, está na utilização de arquivos MIDI SMF, conforme Lima (2002), os quais são disponibilizados na internet e outras mídias. Os arquivos MIDI são gerados tão rápido quanto as músicas são divulgadas ao público. Esta facilidade reside no fato de que os arquivos MIDI podem ser obtidos direto da execução de um teclado, evitando-se ter que adaptar e editar as músicas de forma discreta nos editores de partituras existentes. Esta codificação musical SMF é um protocolo que possui todas as informações da execução musical, nota a nota, o que permite, com precisão, converter a música para qualquer código desejado, como se faz para CPN e Musicografia Braille nos programas existentes já citados. Funções adequadas se encarregam de quantizar a duração das notas e volumes de tal forma a não se poluir a grafia musical.

⁴³ Uma das propostas de trabalho futura desta tese

⁴⁴ Normalmente a partir de 12.000 reais (em 06/2012). Apesar do governo destinar impressoras para várias cidades brasileiras, as instituições e pessoas que as receberam colocam grandes empecilhos na utilização pelos cegos, mesmos assistidos.

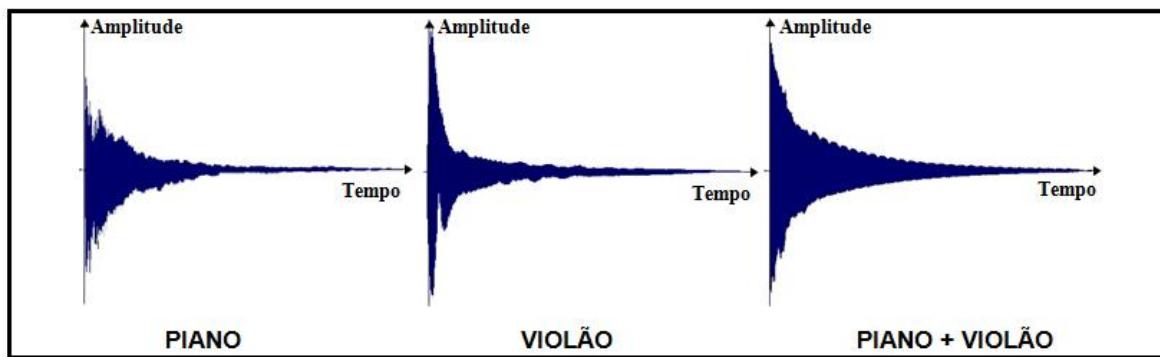
No problema da leitura musical pelos acompanhantes dos deficientes visuais, proposição 5 da tese, os arquivos MIDI SMF permitem que os mesmos sejam compilados para listas de eventos que, posteriormente, são convertidos para arquivos textuais contendo as mesmas informações que os deficientes visuais receberão grafadas em código de células com grupos de 4 pontos em relevo. Ao mesmo tempo, na mesma interface, o código Numerofônico equivalente também é gerado, disponibilizando ao acompanhante mais um paradigma de leitura de grafia musical (proposição 6).

3.4.4 Arquivos de áudio

A escolha da conversão de arquivos MIDI SMF em vez de arquivos de áudio se deu devido aos arquivos de áudio armazenar a forma de onda digitalizada resultante do som produzido pela música. Esta característica, principalmente nas músicas multitimbrais (mais de um instrumento) e polifônicas (mais de uma nota musical ao mesmo tempo), tornam impossível a extração do conhecimento, mesmo impreciso, da execução musical nota a nota, instrumento por instrumento.

Nos arquivos de áudio (sonoros), tais como no formato Wave, de acordo com Lima (2002), não existem informações musicais explícitas necessárias à conversão, existindo apenas informações técnicas de como o som foi digitalizado, como por exemplo: taxa de amostragem, número de bits, número de canais e tamanho do arquivo em bits. A figura 3.2 exemplifica alguns sinais de áudio com instrumentos diferentes sendo executados individualmente e em conjunto.

Figura 3.2- Forma de Onda de Timbres Diversos



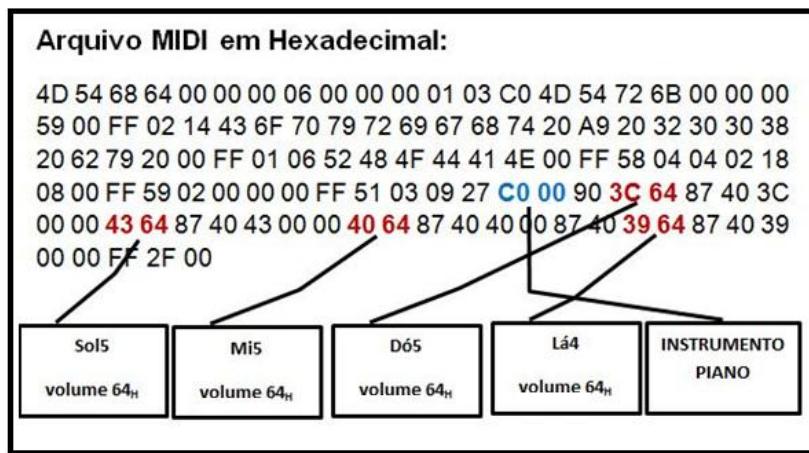
Pode-se perceber que, visualmente, não se pode afirmar se a forma de onda está sendo executada por apenas um instrumento ou por mais de um. O mesmo ocorre na análise por um sistema computacional. O ouvido humano consegue distinguir os diferentes timbres existentes no som, discriminando até mesmo notas de mesma freqüência, independente dos

harmônicos. Esta percepção ainda é um problema em aberto para uma análise musical computacional.

3.4.5 Arquivos MIDI SMF

O protocolo MIDI SMF apresenta uma boa solução para a aquisição de conhecimento musical e para conversão do mesmo para o sistema Numerofônico proposto por Aschero e para o formato textual. Isto se dá devido ao mesmo registrar explicitamente os parâmetros e dinâmicas musicais, tais como: a nota musical, o timbre, o volume das notas, a duração das mesmas, o lirismo, a dinâmica, etc. A figura 3.3 mostra um trecho do código de um arquivo MIDI onde se pode observar explicitamente informações pertinentes à conversão desejada.

Figura 3.3 - Informações presentes nos arquivos SMF



A grande vantagem de se trabalhar, também, com os arquivos MIDI - SMF é que os mesmos possuem uma gramática simples e bem definida, facilitando a implementação de um compilador para conversão para notação intermediária em listas, textual ou numerofônica.

3.5 Uma solução para o aprendizado da leitura musical pelos acompanhantes dos deficientes visuais – Proposição 7 da Tese

Quatro foram as formas escolhidas para disponibilizar as informações musicais aos acompanhantes, a saber:

- **sonora**, para quem tem boa percepção musical;
- **textual**;
- **notação tradicional**: para quem domina a leitura musical em partitura CPN;

- **numerofonia.**

Assim, conforme pesquisa realizada durante este trabalho, disponibiliza-se praticamente todos os paradigmas e metáforas acessíveis aos acompanhantes dos deficientes visuais.

3.5.1 A Conversão MIDI SMF nos paradigmas citados

Para a conversão de arquivos MIDI SMF para qualquer um dos paradigmas desejados foi implementada uma biblioteca eficiente⁴⁵ que, ao ler um arquivo MIDI SMF, disponibiliza todas as informações da execução musical, nota a nota, entre outras, a saber:

- 1- Nota musical
- 2- Oitava da nota musical
- 3- Volume da nota musical
- 4- Duração da nota musical

Além das informações de execução de cada nota musical, também são registradas, para o cabeçalho da música, informações utilizadas na teoria musical e nas grafias convencionais, tais como:

- 1- Instrumentos musicais existentes na música
- 2- Fórmula de compasso
- 3- Tonalidade (Armadura de Clave)
- 4- Metrônomo

A biblioteca implementada devolve uma lista de eventos, e, a partir desta lista, funções específicas foram implementadas para extrair cada evento desejado.

3.5.2 Paradigma Sonoro

Para disponibilizar este paradigma, foram implementados drivers para a leitura e execução de Arquivos MIDI SMF formato 0 e formato 1, em linguagem funcional CLEAN⁴⁶, bastando ao auxiliar do deficiente visual escolher um arquivo MIDI e mandar executá-lo. O mesmo poderá ser feito pelo próprio deficiente visual, utilizando sistemas de navegação especial

⁴⁵ Na leitura do arquivo já se analisa e registra todos os eventos musicais do mesmo.

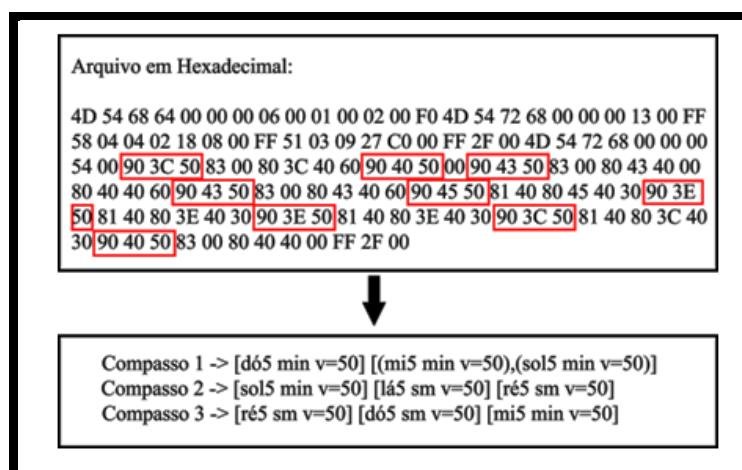
⁴⁶ <http://wiki.clean.cs.ru.nl/Clean>

para deficientes visuais⁴⁷.

3.5.3 Paradigma Textual

A partir dos resultados obtidos com a leitura do arquivo MIDI SMF pela biblioteca implementada, dada a gramática e regras de produção de cada evento, foi construído um compilador para formatar os eventos do cabeçalho e de execução de notas em um formato textual de fácil entendimento pelo acompanhante. O texto gerado, além de servir para a leitura musical pelo acompanhante, será utilizado como formato intermediário para os demais paradigmas. A figura 3.4 mostra um trecho de música em arquivo MIDI SMF e a informação textual equivalente.

Figura 3.4 - Conversão MIDI SMF -> Texto



Este texto, se desejado, pode ser convertido para código Braille textual⁴⁸, o que já seria mais uma forma, mas uma opção de paradigma para o deficiente visual ler música. A Figura 3.5 ilustra um exemplo desta conversão:

Figura 3.5 - Conversão Texto->Código Braille Textual



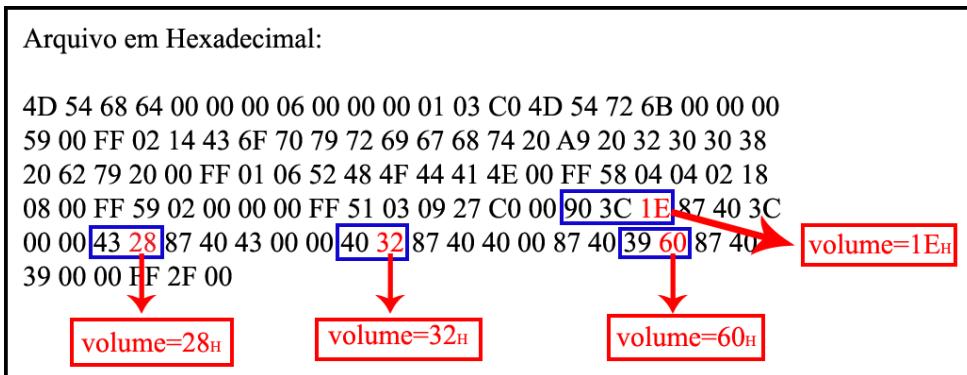
No paradigma CPN não existe o valor preciso da intensidade de cada nota, quando muito, símbolos subjetivos de dinâmica. Já no arquivo MIDI SMF esta informação é precisamente registrada em valores de 0 a 127₁₀. Desta forma, na conversão MIDI SMF-> TEXTO esta

⁴⁷ Como, por exemplo, em: <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/download.htm>.
<http://webanywhere.cs.washington.edu/wa.php>

⁴⁸ Código Braille Textual – Código Braille comumente utilizado na escrita dos cegos (Alfabeto Braille).

informação é preservada, permitindo o conhecimento exato da dinâmica da execução do volume de cada nota da música. A Figura 3.6 mostra esta conversão:

Figura 3.6 - Arquivo MIDI->Conhecimento do volume de cada nota



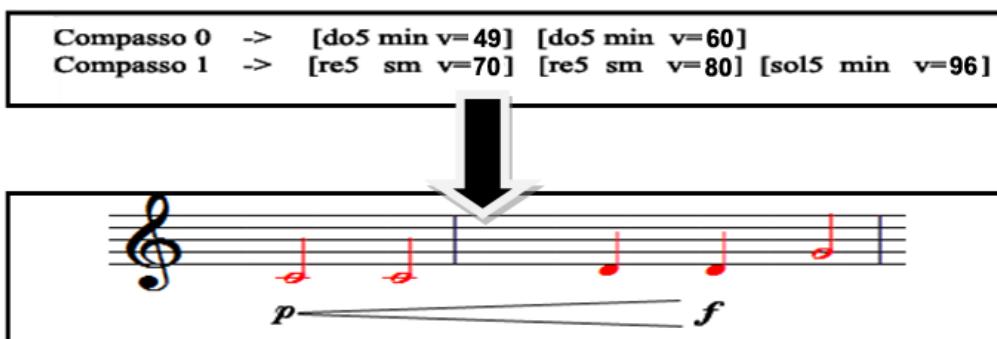
Esta informação permite que se faça um gráfico real da dinâmica, não só para volume como para andamento, o que poderia ser adicionado no software implementado nesta tese.

Observe, na figura anterior, que, com o arquivo MIDI SMF pode-se visualizar se o crescimento é linear, exponencial ou outro tipo de função, o que permite ao intérprete ser mais fiel à execução original.

3.5.4 Paradigma Notação Tradicional em partitura CPN

Este paradigma é obtido a partir do paradigma textual utilizando outro compilador, praticamente um tradutor direto do formato textual para formato gráfico. A Figura 3.7 ilustra a conversão do formato texto para CPN.

Figura 3.7 - Conversão Texto -> CPN



3.5.5 Paradigma Numerofonia

A maior dificuldade no processo de conversão é converter um arquivo MIDI para texto, o que

foi resolvido com a biblioteca implementada. A conversão de partitura CPN para MIDI é um processo não muito complexo, já que existem vários conversores de CPN para MIDI⁴⁹ no mercado comercial de acordo com Lima (2003), Lima (2004), inclusive alguns gratuitos.

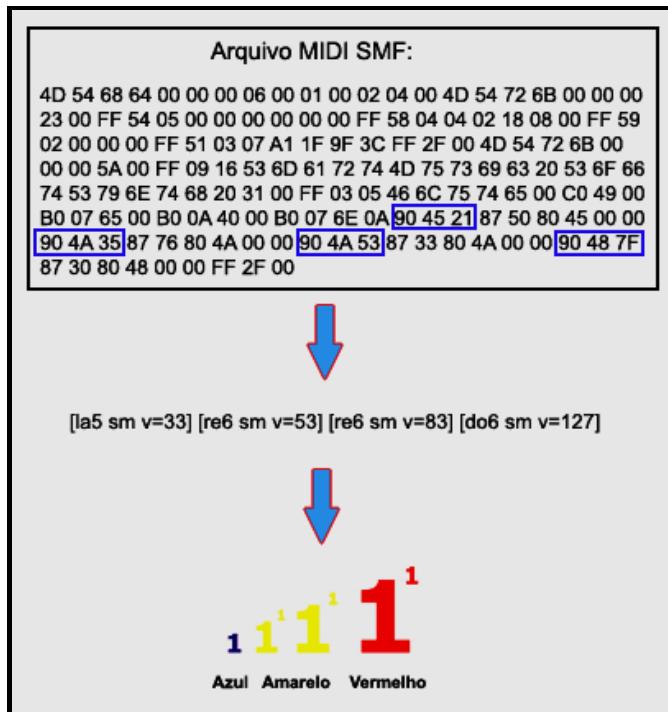
Partindo-se da gramática dos SMF, gera-se listas de eventos e um texto intermediário que facilita a conversão para Numerofonia.

Converter de texto para Numerofonia também não é uma tarefa complexa devido ao fato do arquivo texto gerado possuir todos os dados necessários para a conversão da música para a Numerofonia, conforme já visto no Capítulo 2, onde:

- **número = duração,**
- **tamanho = volume**
- **cor = nota.**

De posse do texto intermediário criado pelo sistema especialista, a partir de um arquivo MIDI (SMF), basta implementar a interface com o usuário, o que equivale a imprimir em texto ou na tela do monitor do computador a partitura numerofônica, conforme mostrado pela Figura 3.8.

Figura 3.8 - Conversão de MIDI SMF para Texto e de Texto para Numerofonia



⁴⁹ Sibelius. The leading music composition and notation software. Disponível em: <http://www.sibelius.com/home/index_flash.html>. Acesso em 29/05/2012.

3.6 Proposta de um código básico de quatro pontos em relevo, para notação musical, utilizando a codificação Braille para números. Proposições 1, 2, 3 e 4 da Tese

Apesar de existir um código Braille para música⁵⁰, o mesmo é tão complexo para um leigo que conheça Braille quanto, a partitura CPN também é para quem conhece apenas o alfabeto de nossa língua.

Assim como a Numerofonia simplificou os símbolos musicais de uma partitura CPN para um paradigma aderente às metáforas utilizadas por crianças (números, cores e tamanhos), bem como por pessoas semi-alfabetizadas ou por aqueles que não têm tempo para um longo estudo de leitura musical, este trabalho apresenta uma nova proposta de codificação de música, com pontos em relevo, de forma a minimizar a quantidade de códigos que um deficiente visual e seu acompanhante tenham que memorizar para dotá-los da leitura dos símbolos e elementos musicais grafados em uma CPN e que estejam registrados nos Arquivos MIDI SMF ou que seja possível de serem inferidos através da análise dos mesmos.

Nomeou-se esta codificação proposta como: Código Lima para Música ou Musicografia Lima.

Para a estrutura da Codificação Lima para Música serão adotados seis conjuntos de 4 pontos em relevo em dupla coluna (duas colunas de 3 conjuntos de 4 pontos em relevo).

Para os 10 primeiros códigos serão adotadas, herdando do Código Braille, as células da numeração decimal de 0 a 9 (utilizando apenas os 4 pontos significativos da mesma). Seis códigos extras são inseridos na codificação, completando as 16 codificações possíveis das células hexadecimais de 4 pontos em relevo.

A Figura 3.9, a seguir, mostra as 16 células da Codificação Lima para Música:

Figura 3.9 - Codificação hexadecimal básica da Musicografia proposta

●○	●○	●●	●●	●○	●●	●●	●○	○●	○●	○●	○○	○○	○○	○●	○○
○○	○○	○●	○●	○○	○●	○●	○○	●○	●○	●○	●○	●○	●○	●○	●○
1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a	10 ^a	11 ^a	12 ^a	13 ^a	14 ^a	15 ^a	16 ^a

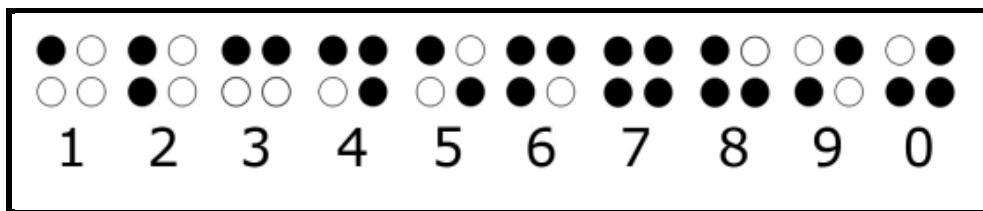
3.7 A Codificação Proposta

Propõe-se a criação de uma grafia com uma estrutura que não dependa de contexto preexistente, utilizando duas colunas com 3 células independentes de 4 pontos cada uma.

⁵⁰ Consultar: The Shodor Education Fundation Inc. BRL: Braille Through Remote Learning. www.brl.org/music/

Esta pesquisa culminou pelo projeto e implementação dos códigos de eventos musicais utilizando células básicas de 4 pontos em relevo. Adotou-se a utilização destas células básicas de 4 pontos para reduzir a quantidade de códigos a serem memorizados pelos deficientes visuais e facilitar a leitura mesmo por crianças (4 pontos são mais fáceis de serem lidos do que seis pelos dedos de crianças). Dos 16 códigos possíveis, 10 deles já são conhecidos pela maioria dos deficientes visuais de todo o mundo, a saber, a codificação numérica dos dígitos decimais em Braille. A figura 3.10 mostra o código Braille para números decimais:

Figura 3.10 - Código Braille para números decimais



A seguir, serão apresentadas as codificações necessárias para a implementação e efetivação dos objetivos propostos na grafia de música para deficientes visuais.

3.7.1 A Base da Codificação

O método proposto, a Musicografia Lima, registra os eventos musicais de forma semelhante aos dos arquivos MIDI SMF, grafando **eventos de nota** e **eventos de sistema**. No caso de eventos de sistema, apenas os musicais interessam, estando os mesmos explícitos no arquivo ou que possam ser inferidos por uma análise ou equação definida.

A codificação de eventos que comporão o cabeçalho de uma música não são relevantes para os objetivos desta tese, já que o objetivo principal é gerar uma grafia que permita ao cego ler e executar os eventos de nota musical, os quais independem do cabeçalho da música, apesar de serem relevantes para leitura de música CPN.

Assim, a codificação do cabeçalho não segue a estrutura de 6 células de quatro pontos e dupla coluna e sim de 3 células de quatro pontos em uma coluna. Estas informações só serão grafadas no cabeçalho da música, caso o deficiente visual as queira conhecer, e não aparecerão no decorrer da música. O conhecimento, portanto, deste cabeçalho, não é imprescindível para que o cego possa ler e interpretar a música partindo de qualquer ponto da mesma.

3.7.2 Eventos de Sistema – Cabeçalho da Música

Nos eventos de sistema, no caso, os relevantes para a música, os quais serão registrados no início da música, tem-se:

- Amadura de clave (Tonalidade),
- Metrônomo,
- Fórmula de Compasso
- Instrumento Musical

3.7.3 Implementação da Tonalidade em Códigos de pontos em relevo

Os arquivos MIDI (SMF) armazenam a tonalidade das músicas (CAMARGO, 2007). Desta forma, pode-se mostrar a mesma aos usuários do sistema proposto, o que é um dado importante aos deficientes e assistentes que conhecem a teoria da música tradicional. Normalmente, dever-se-ia ter pelo menos 30 códigos para representar cada uma das tonalidades mostradas na Figura 3.11.

Figura 3.11 - Tonalidades

C	G	D	A	E	B	F#	C#	Cb	Gb	Db	Ab	Eb	Bb	F
Cm	Gm	Dm	Am	Em	Bm	F#m	C#m	Abm	G#m	D#m	A#m	Ebm	Bbm	Fm

Este trabalho apresenta uma redução no número de códigos, também para tonalidades.

Ao invés de se colocar o nome das tonalidades, 30 possíveis (CHEDIAK, 1986), a musicografia deste trabalho adotará o paradigma de Armadura de Clave de uma CPN, acrescentando a informação se a tonalidade é maior ou menor.

Cada Armadura de Clave, conforme teoria musical tradicional, pode indicar duas tonalidades possíveis: maior ou menor (SCLiar 1985).

Como exemplo, com um sustenido na armadura poder-se-ia ter a tonalidade de Sol Maior ou de Mi Menor (uma análise musical definiria qual seria a tonalidade) (SCLiar, 1985).

Os arquivos MIDI SMF não deixam margem para dúvidas sobre tonalidade, os mesmos grafam explicitamente se a tonalidade da música é maior ou menor (LIMA, 2006) (CAMARGO, 2007). Como a Musicografia Lima extrai as informações musicais dos SMFs, a

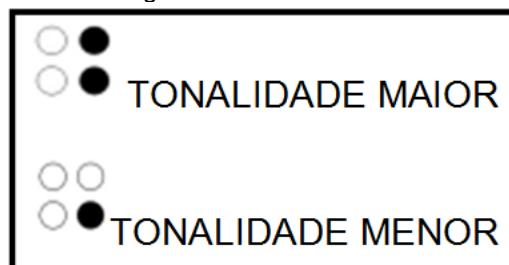
mesma também grafará a tonalidade explicitamente, acrescentando à informação da Armadura de Clave a informação de ser a tonalidade maior ou menor.

3.7.3.1 *Tipo de tonalidade*

Os 4 pontos superiores das 3 células definirão se a tonalidade é maior ou menor, conforme apresenta a figura 3.12.

Para codificar esta informação, utiliza-se dois dos 6 códigos restantes dos códigos de 4 pontos utilizados para a representação numérica decimal.

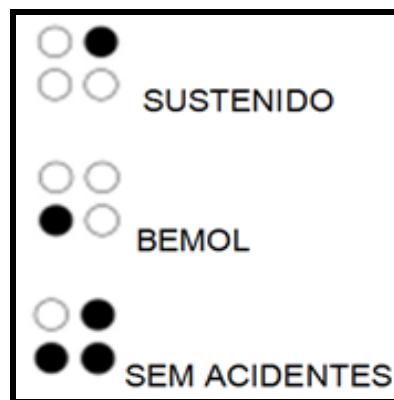
Figura 3.12 - Tonalidade



3.7.3.2 *Tipo de acidente*

Os 4 pontos intermediários das 3 células, denotarão se o acidente é um sustenido ou um bemol, como mostra a figura 3.13. Se a tonalidade não tiver acidentes, como Dó maior e Lá menor, o código representativo é o 0.

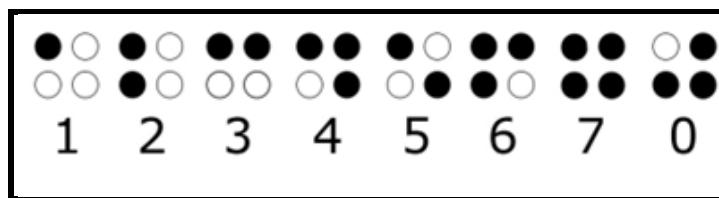
Figura 3.13 - Definição de sustenido ou bemol no novo formato



3.7.3.3 Número de acidentes

Os 4 pontos inferiores das 3 células, grafam o número de acidentes. Para codificar esta informação, utilizou-se uma célula de 4 pontos do código Braille convencional para números decimais, já que não se usa mais do que 7 acidentes por tonalidade. A codificação do número de acidentes é mostrada na Figura 3.14 a seguir:

Figura 3.14 - Uso da numeração convencional de Braille para indicar o número de acidentes



A figura 3.15 apresenta alguns exemplos de tonalidade.

Figura 3.15 - Alguns exemplos de tonalidades

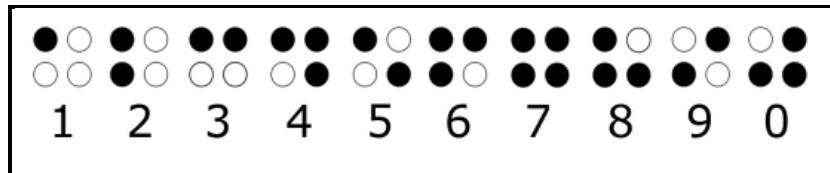
<p>Dó Maior =</p>	<p>Mib Maior =</p>
<p>Lá Menor =</p>	<p>Dó Menor =</p>

3.7.4 Implementação da Fórmula de Compasso utilizando códigos de pontos em relevo

A fórmula de compasso também é uma informação armazenada explicitamente nos arquivos MIDI SMF (MACHADO, 2001). Nesta proposta de musicografia, a fórmula de compasso é apresentada também com 3 células de 4 pontos em coluna simples. Nas duas primeiras células de 4 pontos, representa-se a quantidade de figuras por compasso, que podem ser 3, 4, 12, etc.. Essas células são representadas pela dezena e unidade e são grafadas pelo código

numérico regular, como mostra a Figura 3.16.

Figura 3.16 - Representação do código numérico Braille das células superiores da fórmula de compasso

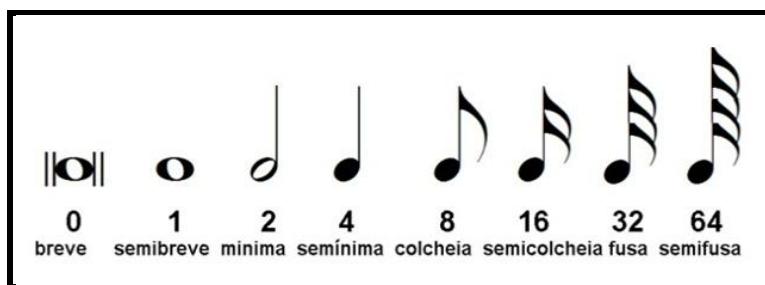


A célula inferior das 3 células da fórmula de compasso, é representada pelo código da figura musical: breve = 0, semibreve = 1, mínima = 2, semínima = 4, etc.

3.7.4.1 Codificação para a duração (figuras musicais) das notas musicais em código de pontos em relevo

Adota-se para duração das notas musicais, em vez de nome, um número para cada figura, como, também, é utilizado na Numerofonia, bem como internacionalmente é utilizado. Convencionalmente, as figuras musicais são identificadas por valores, conforme mostra a Figura 3.17.

Figura 3.17 - Figuras Musicais e seus valores



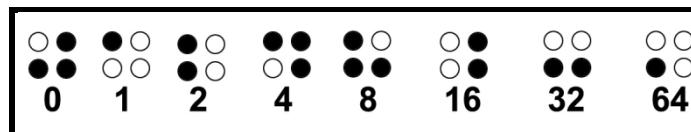
Para representar a duração, as figuras musicais, foram utilizadas as duas células restantes das 3 células utilizadas para a codificação da fórmula de compasso.

Nos quatro pontos inferiores tem-se o número de pontos de aumento, e, nos quatro pontos superiores a figura musical.

A quantidade de pontos de aumento segue a numeração proposta pela codificação numérica decimal do Braille regular. Quando uma nota não tiver pontos, em vez de grafar o numeral 0, colocar-se-á uma célula sem pontos em relevo, conforme preferência identificada nos experimentos de validação do sistema.

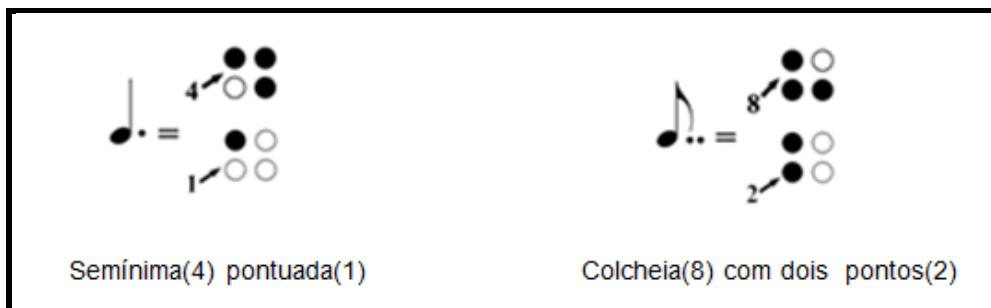
Já as figuras musicais, as com valores 0, 2, 4, 8 seguem a codificação regular de numeração em Braille onde as figuras com valores 16, 32 e 64 são representadas por 3 dos 6 códigos restantes dos códigos possíveis com 4 pontos, como mostra a figura 3.18.

Figura 3.18 - Musicografia Lima para figuras musicais



A Figura 3.19, a seguir, mostra alguns exemplos de duração.

Figura 3.19 - Exemplos de figuras musicais pontuadas



Nesta notação, em vez de se utilizar um nome para a figura musical, utiliza-se um número, como segue:

- 1 = semibreve,
- 2 = mínima,
- 4 = semínima,
- 8 = colcheia,
- 16 = semicolcheia,
- 32 = fusa e
- 64 = semifusa (neste trabalho limitou-se a menor figura musical à semifusa (64)).

3.7.5 Implementação do Metrônomo utilizando códigos de pontos em relevo

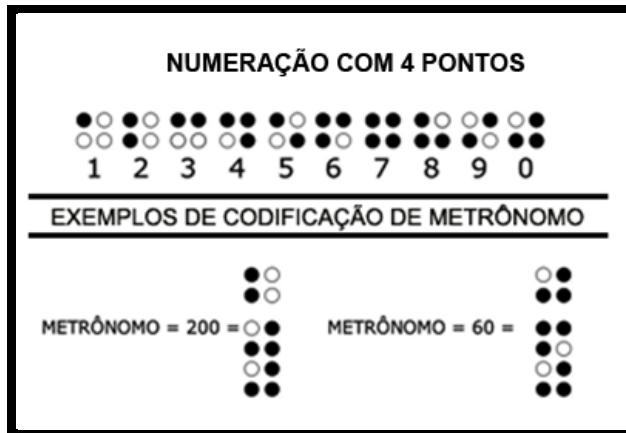
O metrônomo normalmente vai de 0 bpm a 208 bpm (conforme notação italiana, uma das mais completas e utilizadas) (ASCHERO; TAVARES, 2009).

A codificação para metrônomo, a ser colocada no cabeçalho da música, também é realizada

com 3 células básicas de 4 pontos em uma coluna.

Na codificação do valor do metrônomo, a primeira célula de 4 pontos representará a centena, a segunda representará a dezena e a terceira representará a unidade. A figura 3.20 apresenta um exemplo da aplicação do metrônomo.

Figura 3.20 - Exemplo de codificação de metrônomo



3.7.6 Implementação do Evento Instrumento utilizando códigos de pontos em relevo

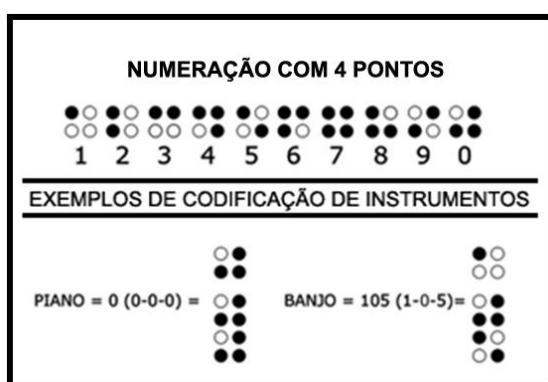
Os instrumentos registrados em arquivos MIDI SMF possuem a numeração de 0 a 127. Por exemplo: 0 é o Piano acústico e 25 o violão.

A codificação para o instrumento também utiliza 3 células de 4 pontos.

A célula superior, de 4 pontos, representará a casa das centenas, a do meio a cada das dezenas e a inferior a das unidades.

A figura 3.21 apresenta um exemplo da aplicação dos instrumentos.

Figura 3.21 - Exemplo de codificação do instrumento



3.7.7 Resumo da codificação do Cabeçalho

As tabelas 3.2 e 3.3 a seguir resumem e ilustram a codificação do cabeçalho da música.

Tabela 3.2 - Estrutura do Cabeçalho

CABEÇALHO DA MÚSICA			
Metrônomo	Instrumento	Tonalidade	Fórmula de Compasso
C	C	To	D
D	D	Ac	U
U	U	Nu	F
C = Centena D = Dezena U = Unidade	C = Centena D = Dezena U = Unidade	To = Tonalidade Ac = Tipo de acidente Nu = Número de acidentes	D = Dezena U = Unidade F = Figura Musical

Tabela 3.3 - Codificação Lima para o Cabeçalho da Música

Código Lima	•○	○○	●○	○●	●●	○●●	●○●	●●○	○●●○	●●●○	○●●●	●○●●	●●○●	●●●○	○●●●○	●●●●○
Ordem	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	16º
Código Braille Numérico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Metrônomo...C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Metrônomo...0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Metrônomo...U	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Instrumento...C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Instrumento...0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Instrumento...U	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Tonalidade...To	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Menor	-	-	Maior	-	-
Tonalidade...Ac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	#	-	b	-	-	-
Tonalidade...Nu	1	2	3	4	5	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fórmula de Compasso...D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Fórmula de Compasso...U	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Fórmula de Compasso...F	sb(1)	min(2)	-	sm(4)	-	-	-	c(8)	-	b(0)	-	-	sf (64)	f (32)	sc (16)	-

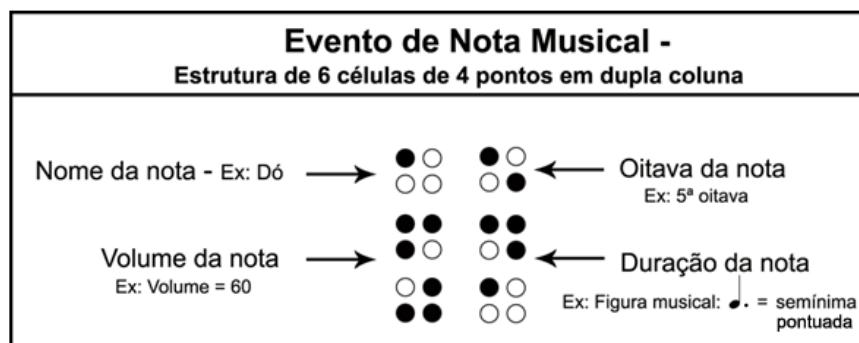
3.7.8 Eventos de Notas

Os eventos de notas são o foco principal deste trabalho. Conforme já afirmado, um dos objetivos deste trabalho é permitir que um cego consiga executar uma música sem dualidade ou dependência de contexto. Para tanto, foi projetada uma estrutura de 6 células básicas de 4 pontos, configuradas em duas colunas. Esta estrutura com 2 colunas é necessária e suficiente para registrar as informações do evento de nota, a saber:

- nome da nota musical
- oitava da nota musical
- volume da nota musical
- duração da nota musical

A figura 3.22 mostra a estrutura com duas colunas de um evento de nota.

Figura 3.22 - Evento de nota musical em seis células de 4 pontos em dupla coluna



A codificação da estrutura em duas colunas de 3 células básicas de 4 pontos se mostrou compacta e de fácil leitura, como levantado nos experimentos de validação do sistema. O outro motivo da escolha, é que se propõe, neste método, em vez de utilizar uma impressora Braille de auto custo, utilizar punção ou agulha para perfurar as folhas impressas com a codificação.

3.8 Estrutura da Codificação de Evento de Nota e as formas possíveis de Leitura da mesma

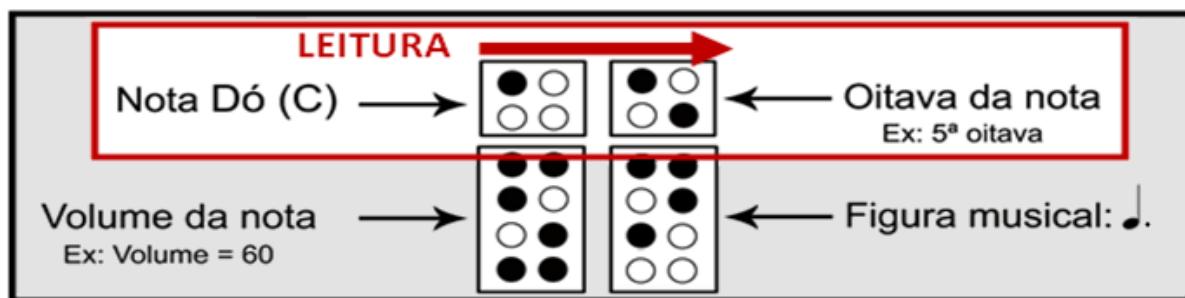
A estrutura desta codificação foi pensada de tal forma a permitir que o deficiente visual possa extrair de cada evento de nota apenas o que lhe interessa conhecer no momento,

sem que o tipo de leitura escolhida dependa de contexto anterior. A seguir, serão mostrados os diversos tipos de leitura possíveis na estrutura da codificação. Caberá ao cego decidir quais informações lhe são relevantes a cada momento. Foi identificado nos experimentos de validação do sistema que, mesmo algumas informações não sendo necessárias, as mesmas têm que ser grafadas, mantendo a estrutura, o que facilita ao cego localizar a estrutura em qualquer ponto da música e executá-la.

3.8.1 Leitura apenas da nota musical: Nome e Oitava

Para ler apenas a nota musical com o nome e oitava, como é feito na leitura com notas brancas para iniciantes em música, basta ao deficiente visual ler apenas o código das duas células básicas superiores (na horizontal), desconsiderando a leitura das demais células, conforme mostra a figura 3.23.

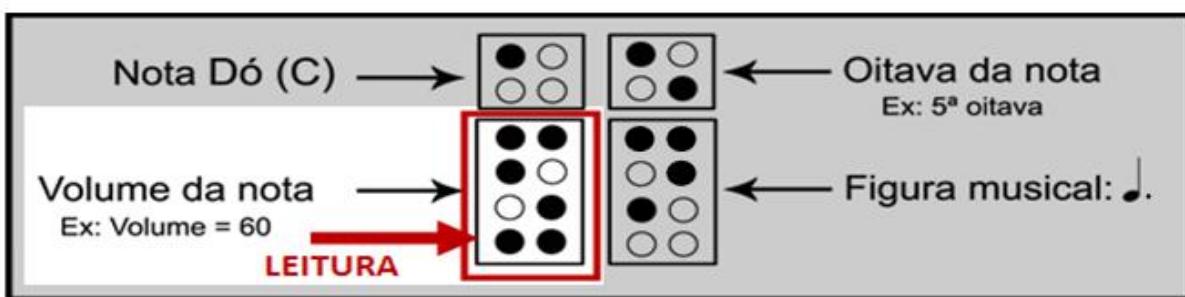
Figura 3.23 - Tipo de leitura – Nome da Nota e Oitava



3.8.2 Leitura apenas da Dinâmica dos Volumes das notas musicais

Esta opção não existe em uma CPN, mas existe na NUMEROFONIA. Este tipo de leitura permite ao deficiente visual um conhecimento real da dinâmica do volume da nota antes de executar a música. A Figura 3.24 mostra este tipo de leitura:

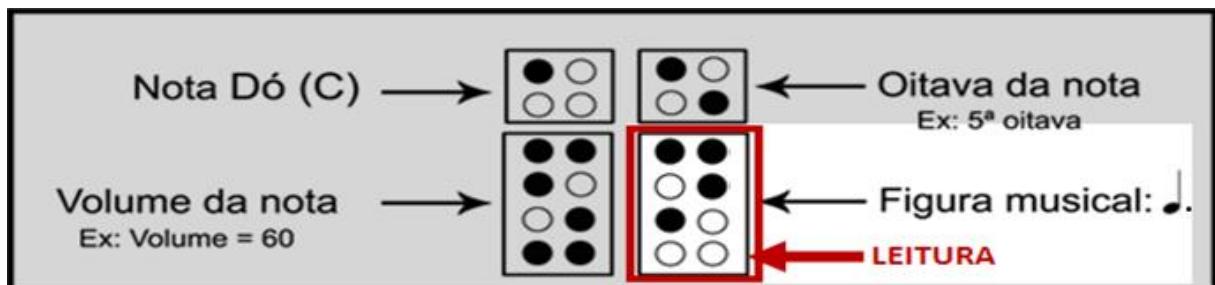
Figura 3.24 - Tipo de leitura - apenas o volume para conhecer a dinâmica da música



3.8.3 Leitura apenas do Ritmo da música (Figuras Musicais)

Esta opção de leitura permite ao cego ter o conhecimento apenas do ritmo da música. A figura 3.25 mostra este tipo de leitura.

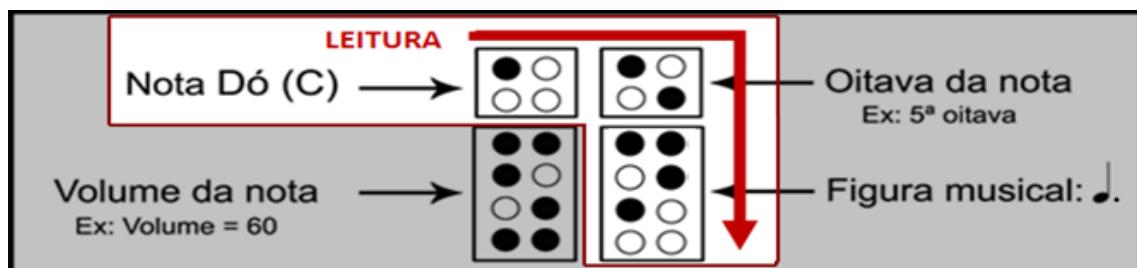
Figura 3.25 - Tipo de leitura – Ritmo (Figuras Musicais)



3.8.4 Leitura Tradicional, conforme CPN: apenas Nota e Figura Musical (Duração)

A Figura 3.26 mostra a leitura com nota e duração.

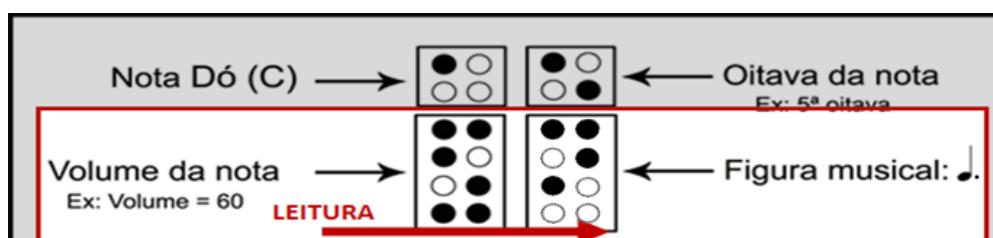
Figura 3.26 - Tipo de leitura – Nota e Duração



3.8.5 Leitura do Ritmo com a Dinâmica da Intensidade das notas

Esta também é outra possibilidade de leitura interessante, onde o deficiente poderá ter o conhecimento do ritmo com a acentuação de cada nota ao longo da música (útil para percussionistas e bateristas). A Figura 3.27 mostra este tipo de leitura.

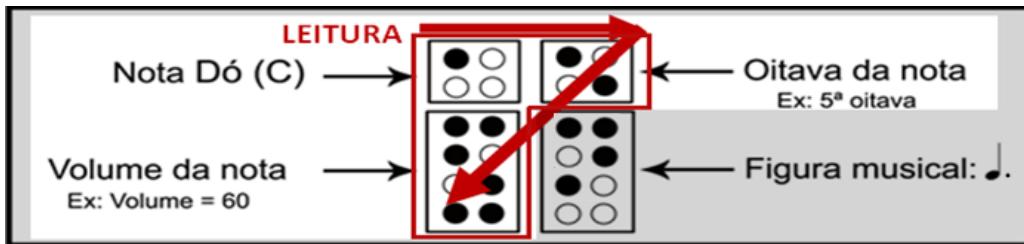
Figura 3.27 - Tipo de leitura - Volume e figura musical



3.8.6 Leitura de Notas Brancas com a Dinâmica da Intensidade

A leitura de notas brancas em uma CPN não grava nota o nome da nota o conhecimento da dinâmica do volume das notas. Na codificação proposta, ainda dentro apenas do contexto de cada evento de nota, pode-se fazer este tipo de leitura, como mostra a figura 3.28 a seguir:

Figura 3.28 - Tipo de leitura – Notas com dinâmica



3.9 A Codificação dos eventos de nota proposta nesta tese: Código Lima para Música ou Musicografia Lima

Conforme já foi afirmado, um evento de nota completo possui 4 informações:

- Nome da Nota Musical
- Oitava
- Duração (figura musical)
- Volume (Intensidade)

A seguir, será visto como é a codificação individual de cada parte deste evento, e, posteriormente a elas, será mostrada a estrutura de duas colunas com 3 células de 4 pontos em relevo cada.

3.9.1 Codificação para os nomes das notas musicais em código de pontos em relevo

Os arquivos MIDI SMF registram para cada nota um valor único entre 0_H e $7F_H$ (0_{10} e 127_{10}), ou seja, da nota Dó0(0_H) à nota Sol10($7F_H$).

Os arquivos MIDI SMF, tomados como base para determinação e inferência dos eventos musicais a serem grafados, não diferenciam entre sustenido (#) e bemol (b). Como já afirmado, cada nota possui um único valor que a diferencia das demais.

Quando os programas especializados em música abrem um arquivo MIDI SMF e vão grafar a nota em partitura, a escolha de qual nota será grafada em pentagrama é obtida através do

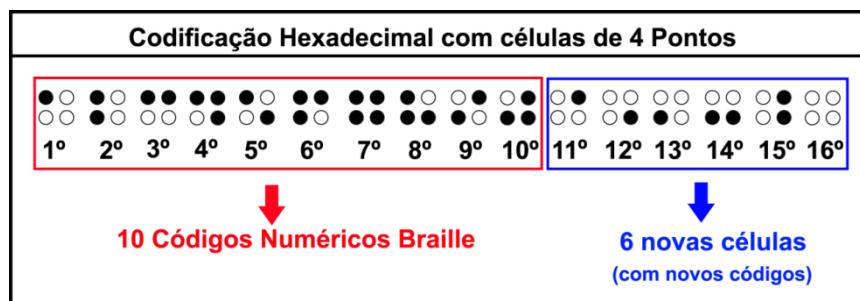
seu valor e da armadura de clave.

Como exemplo, se a armadura de clave for de Sol Maior e a nota MIDI tiver o código 42_H (66₁₀), será grafada na partitura a nota Fá# e não a Solb.

A NUMEROFONIA também não faz distinção entre sustenido e bemol. Assim, os cinco pares de notas: (Dó# e Réb), (Ré# e Mib), (Fá# e Solb), (Sol# e Láb), (Lá# e Sib), possuirão, cada um, apenas um código, tanto em Numerofonia quanto na Musicografia Lima.

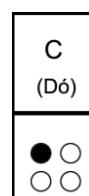
A codificação, como já afirmado anteriormente, tem como base o sistema hexadecimal formado pela codificação dos dígitos decimais em Braille e mais seis códigos extras, conforme Figura 3.29.

Figura 3.29 - Codificação Hexadecimal com Código de 4 pontos em relevo tendo como base a codificação Braille para números



A codificação das notas musicais na Musicografia Lima inicia pela nota Dó, a qual, sendo a primeira de cada oitava, recebe o código numérico equivalente ao dígito 1 da codificação Braille sendo representada por uma célula de 4 pontos, conforme Figura 3.30.

Figura 3.30 - Código da nota dó em Musicografia Lima



A nota Dó# (Réb) terá o código equivalente ao do número 2 e assim por diante até a nota musical Sol# (Láb), conforme é mostrado na Figura 3.31.

Figura 3.31 - Código das notas de Dó# (Réb) a Sol# (Láb) em Musicografia Lima

C# ou Db (Dó# ou Réb)	D (Ré)	D# ou Eb (Ré# ou Mib)	E (Mi)	F (Fá)	F# ou Gb (Fá# ou Solb)	G (Sol)	G# ou Ab (Sol# ou Láb)
●○ ●○	●● ○○	●● ○●	●○ ○●	●● ●○	●● ●●	●○ ●●	○● ●○

A nota Lá assume o código equivalente ao 0⁵¹ em Braille com 4 pontos, o décimo código. As notas Lá#(Sib), Si e a Pausa ficam com três dos símbolos extras⁵², conforme mostra a Figura 3.32.

Figura 3.32 - Código das notas Lá, Lá# (Sib), Si e Pausa na Musicografia Lima

A (Lá)	A# ou Bb (Lá# ou Sib)	B (Si)	Pausa
○● ●○	○● ○○	○○ ○●	○● ○○

A Pausa, na grafia musical proposta, possui o mesmo código para todas as figuras musicais. Apesar disto, não ocorre nenhuma dualidade de interpretação ou dependência de contexto musical anterior, já que, na estrutura global da Codificação Lima sempre estará grafada a figura musical. Desta forma, se na estrutura tiver o código de pausa e o código de uma semínima, ter-se-á grafado a pausa de uma semínima, se associada a uma colcheia, será uma pausa de colcheia, e assim por diante.

Cada nota, na musicografia proposta, trás consigo seu próprio contexto, independente de uma informação anterior ou do cabeçalho para que o evento seja compreendido e executado.

A Figura 3.33 a seguir, mostra os códigos para os nomes das notas musicais.

Figura 3.33 - Musicografia Lima para nome de Notas Musicais

Notas Musicais													
C (Dó)	C# ou Db (Dó# ou Réb)	D (Ré)	D# ou Eb (Ré# ou Mib)	E (Mi)	F (Fá)	F# ou Gb (Fá# ou Solb)	G (Sol)	G# ou Ab (Sol# ou Láb)	A (Lá)	A# ou Bb (Lá# ou Sib)	B (Si)	Pausa	
○○ ●○	●○ ○○	●○ ○○	○○ ●●	○○ ●●	●○ ○○	●● ○○	●● ○○	○○ ●●	○○ ●●	○○ ●●	○○ ●●	○○ ●●	

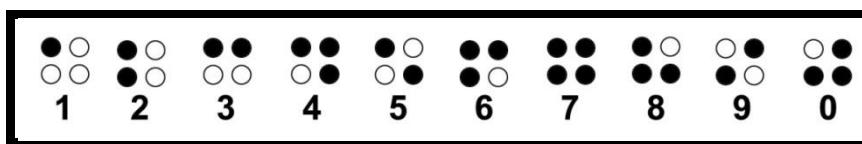
3.9.2 Codificação para as Oitavas Musicais em código de pontos em relevo

⁵¹ A nota Lá tendo ficado com o código do 0 é interessante, já que a mesma é utilizada como diapasão para afinação dos instrumentos musicais.

⁵² Estes três símbolos sofrerão sobrecarga, mas não dependentes de contexto na música e não no mesmo tipo de dado.

Adota-se para oitava um corpo de quatro pontos, conforme apresenta a figura 3.34, seguindo o código Braille numérico regular, de 0 a 9. Apesar do código MIDI SMF codificar até a 10^a oitava, nos instrumentos musicais convencionais esta oitava não é utilizada. Para se ter uma idéia melhor da oitavas, o piano é um dos instrumentos que mais oitavas possui, com 7 oitavas mais uma terça menor, ou seja, de Lá1 a Dó9 (na notação Brasileira, de Lá0 a Dó8). Portanto, a codificação decimal em Braille é suficiente para grafar mais notas que um piano acústico moderno possui.

Figura 3.34 - Musicografia Lima para as Oitavas musicais



3.9.3 Codificação para o Volume (Intensidade) das notas musicais em código de pontos em relevo

Adota-se para intensidade um corpo de oito pontos (duas células básicas de 4 pontos), sendo os quatro superiores o valor da dezena/centena, e os quatro inferiores o valor da Unidade (a intensidade, em MIDI SMF, vai de 0 a 127).

O ouvido humano, na média distingue oito valores de pressão sonora, volume, intensidade. (RANDEL, 2003). A seguir é apresentada a Tabela 3.4 contendo as simbologias musicais representativas destes oito níveis de pressão sonora audíveis, bem como o valor MIDI equivalente.

Tabela 3.4 - Dinâmicas e equivalência MIDI

Dynamic's note velocity		
Dynamic	Velocity*	Voice
ppp	16	Whispering
pp	33	Almost at a whisper
P	49	Softer than speaking voice
mp	64	Speaking voice
mf	80	
f	96	Louder than speaking
ff	112	Speaking loud
fff	126	Yelling

Decrescendo (diminuendo) Crescendo > Accent

Fonte: Dynamics (music).⁵³

Na Tabela 3.5 a seguir é mostrada a equivalência entre as simbologias de dinâmica, seu

⁵³ Dynamics (music). Disponível em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamics_\(music\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamics_(music)). Acesso em 04 Set. 2012.

significado, comparação com a voz humana e valor no código MIDI.

Tabela 3.5 - Equivalência entre as simbologias de dinâmica, seu significado, comparação com a voz humana e valor no código MIDI.

Símbolos de Intensidade	Significado	[Comparação com a Voz humana]	MIDI (Valor Numérico do Volume)
<i>ppp</i>	Bem pianissimo (mais suave possível)	Sussurro	16
<i>pp</i>	Pianissimo (muito suave)	Quase um sussurro	33
<i>p</i>	Piano (suave)	Mais suave do que a voz que fala	49
<i>mp</i>	Mezzo Piano (moderadamente suave)	Voz falada	64
<i>mf</i>	Mezzo Forte (moderadamente alto)	Voz falada	80
<i>f</i>	Forte (alto)	Falar alto	96
<i>ff</i>	Fortíssimo (muito alto)	Falar muito alto	112
<i>fff</i>	Bem Fortíssimo (mais alto possível)	Gritar	126

Comparando os valores com a teoria tradicional, a figura 3.35 mostra as intensidades e seus valores correspondentes de 0 a 127 na Musicografia proposta, mostrando a equivalência dos valores com a simbologia tradicionalmente utilizada em partituras CPN.

Figura 3.35 - Intensidades e seus valores na escala MIDI⁵⁴

16	33	49	64	80	96	112	126
<i>ppp</i>	<i>pp</i>	<i>p</i>	<i>mp</i>	<i>mf</i>	<i>f</i>	<i>ff</i>	<i>fff</i>

Fonte: Logic Pro.⁵⁵

Para codificar unidade, dezena e centena, como foi feito na codificação de volume (intensidade), seriam necessárias 3 células básicas de 4 pontos em relevo.

Já foi dito anteriormente que um evento de nota seria codificado com 6 células básicas de 4 pontos em relevo colocadas em duas colunas.

Já foram utilizadas uma célula de 4 pontos para o nome da nota, uma célula de 4 pontos para a oitava e duas células de 4 pontos para a duração (figura musical). Assim, sobraram apenas duas células de 4 pontos para completar as 6 células de 4 pontos.

⁵⁴ Os volumes dos sinais de intensidade (*ppp*=16, *pp*=33, *p*=49, etc.) foram retirados do software Logic Pro: software aplicativo, "Digital Audio Workstation" e sequenciador MIDI, para a plataforma Mac OS X.

⁵⁵ Logic Pro. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Logic_Pro>. Acesso em 28 Set. 2012.

Desta forma, a utilização de 3 células de 4 pontos para codificar a intensidade ultrapassaria a estrutura prevista para os eventos de notas.

Como a intensidade MIDI vai apenas até 127, um artifício simples foi utilizado para representar o volume (Intensidade) com apenas duas células de 4 pontos.

A célula superior representará a dezena/centena do valor do volume.

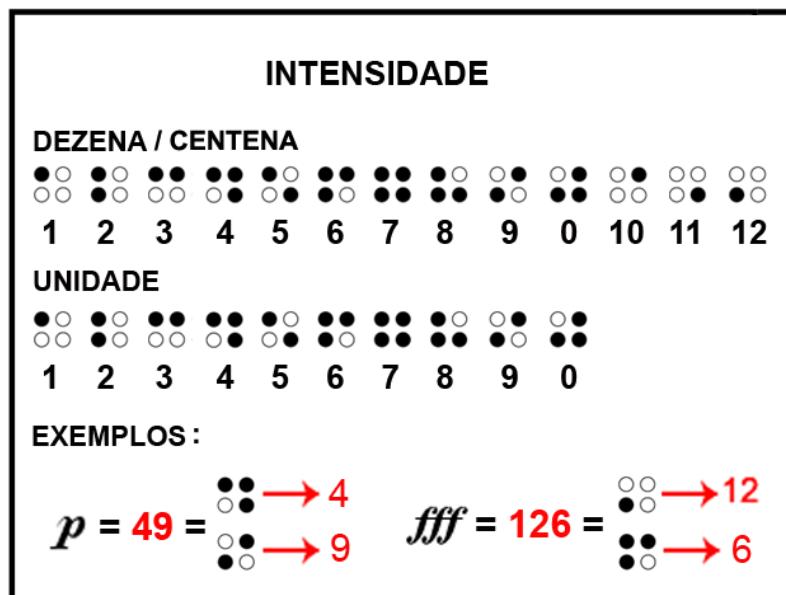
- **Dezena:** Será dezena quando o valor do volume for menor que 100.

Neste caso, a célula superior representa a dezena e a inferior a centena, cobrindo todos os valores de 0 a 99.

- **Dezena/Centena:** Quando o valor ultrapassa a 100 (de 100 a 127), a célula superior será lida como dezena e centena ao mesmo tempo, ou seja, assumirá três códigos básicos: 10 (equivalendo a 100), 11 (equivalendo a 110) e 12 (equivalendo a 120), enquanto a célula inferior continua valendo de 0 a 9. Para os valores 10, 11, 12 são utilizados 3 dos 6 códigos que excedem a representação numérica decimal, já apresentadas anteriormente.

A Figura 3.36 mostra a formação dos códigos de intensidade e dois exemplos ilustrativos.

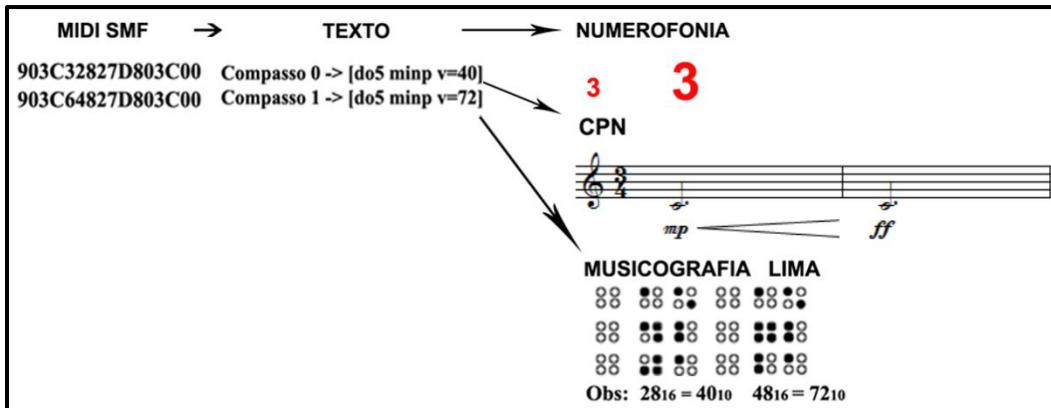
Figura 3.36 - Musicografia proposta para intensidade



3.10 Exemplo completo de Codificação de um Evento de Nota escrito na Musicografia Proposta

Apresentada a codificação dos eventos de cabeçalho e de nota, pode-se grafar as músicas desejadas neste novo paradigma, o qual essencialmente é baseado na numeração decimal codificada em Braille regular. Desta forma, uma nota codificada com as células de pontos sugeridas na Musicografia Lima, juntamente com a partitura em formato texto, CPN e Numerofonia, são mostradas na figura 3.37.

Figura 3.37 - Codificação de MIDI SMF para formato textual. Do textual para NUMEROFONIA e do textual para a Musicografia proposta



3.10.1 – Resumo da codificação dos eventos de nota

As tabelas 3.6 e 3.7 a seguir ilustram o resumo da codificação dos eventos de notas.

Tabela 3.6 - Estrutura do evento de nota na Codificação Lima

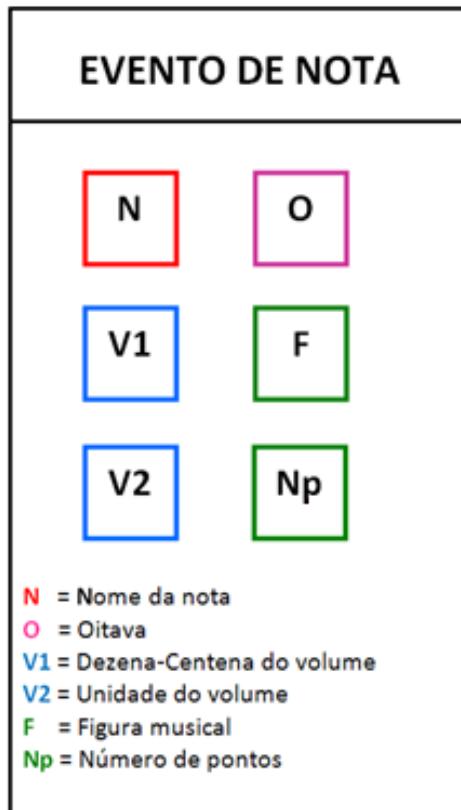


Tabela 3.7 - Codificação Lima para Evento de Notas

Código Lima	●○	●○	●●○	●●	●○○	●○○	●●○	●●○	●○○	●○○	●○○	●○○	●○○	●○○	●○○	●○○
Ordem	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°
Código Braille Numérico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Nome da Nota N	Dó (1) Réb	Dó# (2) Mib	Ré (3) Mi	Ré# (4) Fáb	Mi (5)	Fá (6) Solb	Fá# (7) Solb	Sol (8)	Sol# (9) Láb	Lá (0) Láb	Lá# Sib	Si	-	-	Pausa	-
Oitava da Nota O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Volume – Dezena/Centena V1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	10	11	12	-	-	-
Volume – Unidade V2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Figura	sb (1)	min (2)	-	sm (4)	-	-	-	c (8)	-	b (0)	-	-	-	sf (64)	f (32)	sc (16)
Figura – N° de Pontos Np	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-

3.11 - O Sistema de Musicografia Lima e paradigmas aderentes aos acompanhantes dos deficientes visuais

O objetivo deste programa, nomeado por DrMusicalLima, conforme proposição 6 da tese, é implementar a Musicografia Lima para grafia musical aos cegos, bem como permitir, facilitar ao professor ou acompanhante ter o domínio da leitura musical utilizando paradigmas e metáforas aderentes ao domínio do conhecimento de cada um. Facilitando a leitura, não só ao deficiente visual, mas, também (ou principalmente) ao seu acompanhante e/ou futuros professores que não tenham habilidades na área, isto facilitará bastante para que o deficiente visual aprenda um sistema formal musical e não apenas aprenda a tocar de ouvido, como ocorre na maioria dos casos.

3.11.1 A Escolha da linguagem para implementação do Sistema

Para implementação do software foi escolhida a linguagem funcional Clean, por diversos motivos, tendo sido a mesma selecionada entre as opções: Prolog, ML, Hascore, Lisp e Clean.

Conforme provas de conceitos apresentadas, todas estas linguagens se mostraram com paradigma adequado para os propósitos desta pesquisa.

A escolha de Clean, portanto, entre vários motivos, neste caso particular se deu por, além de já ter utilizado a mesma no mestrado, por apresentar novamente as características que a torna bastante atrativa:

Em linhas gerais, por quatro motivos:

1. A estrutura dos programas em Clean são aderentes e intuitivas, tanto para o profissional de música quanto ao de computação, o que facilita o trabalho em conjunto de ambos profissionais (LIMA, 2006).
2. O programa executável gerado pelo compilador do Clean não precisa de instalação e não depende de instalações de dlls e frameworks que constantemente devem ser atualizados para os programas que os usam continuarem rodando.
3. É uma linguagem aberta e gratuita, permitindo alterações personalizadas na mesma.
4. Clean aceita dlls já existentes ou a serem implementadas em outras linguagens.

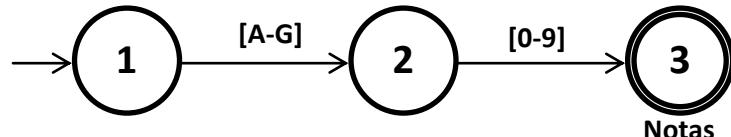
A escolha final ficou entre o paradigma lógico e o paradigma funcional. Como a matemática e a música nasceram praticamente juntas, o paradigma funcional puro foi o escolhido para modelar os eventos musicais e compiladores. Assim, a linguagem Clean, estendendo os quatro motivos iniciais, foi a escolhida por possuir as seguintes características:

1. Por ser de código aberto e gratuito pode-se baixá-la no site Clean⁵⁶;
2. Devido a simplicidade de se modelar e implementar autômatos finitos determinísticos e gramáticas regulares, ou seja, na implementação dos compiladores utilizados nas conversões de MIDI SMF para texto e de texto para NUMEROFONIA, de texto para a Musicografia Lima proposta e de texto para CPN;

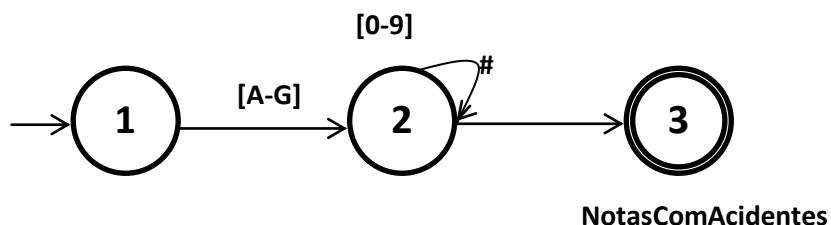
Exemplo com autômatos finitos determinísticos e expressões regulares equivalentes.

A implementação está no exemplo logo após item 6 (englobando os itens 2, 3, 4, 5 e 6).

➤ Notas = [A-G].[0-9]



➤ NotasComAcidentes# = [A-G].(#)*.[0-9]



⁵⁶Clean. Disponível em < clean.cs.ru.nl/>. Acesso em 07 abr. 2012.

3. Por possuir alto nível de abstração na implementação de funções, evitando algoritmos complexos para modelagem das funções;
 4. Por trabalhar de forma simples e eficiente tanto com listas quanto com vetores (string é um vetor de caracteres estrito);
 5. Por possuir funções matemáticas de alta ordem, como map, que permitem aplicar uma função a um domínio completo e complexo de dados;
 6. Por possuir implementação de notação Zermelo - Fraenkel, conforme Lima (2003) e Wellesley (2004) e a qual permite se definir o conjunto imagem diretamente da especificação da função e de seu domínio e respectivas restrições;

A Figura 3.38, a seguir, mostra a implementação de um exemplo que engloba as justificativas de 2 a 6. Observa-se aderência matemática da função que cria todas as notas musicais do círculo 0 (zero) à círculo 9, com um deus ou três círculos, onde:

Ou seja:

a lista de notas com até 3 sustenidos, da oitava 0 à 9 é a lista da concatenação de todas as combinações de nome das notas com os acidentes e as oitavas (n++a++o), onde os nomes das notas pertencem (<-) à lista nomeNotas, os acidentes pertencem(<-) à lista acidentesSustenidos e as oitavas pertencem (<-) à lista oitavas.

Figura 3.38 - Exemplo das justificativas de 2 a 6 do porque utilizar a Linguagem Funcional CLEAN neste trabalho

```
jcl - G\\!!!! Atese sandra 2012!!!! A T E S E \\notas.cl
1 module notas
2 import StdEnv
3 //XXXX Exemplo de implementação de autômatos finitos determinísticos
4 //XXXX com suas expressões Regulares Equivalentes, utilizando
5 //xxxx map, Notação Zermello Frankael e listas aninhadas      XXXX
6
7 nomeNotas = map toString ['ABCDEFG']
8 oitavas   = map toString ['0123456789']
9 acidentesSustenidos = ["#", "#", "#"]
10
11 listaDeNotasComAcidentesSustenidos=
12     [n++a++o\n<-nomeNotas,a-<acidentesSustenidos] \\o<-oitavas]
13
14 Start = listaDeNotasComAcidentesSustenidos



```
press any key to exit
[[["A#0","A#0","A#0","B#0","B#0","B#0","B#0","C#0","C#0","C#0","D#0","D#0","D#0","D#0","E#0","E#0","E#0","E#0","F#0","F#0","F#0","F#0","G#0","G#0","G#0","G#0","H#0","H#0","H#0","H#0","I#0","I#0","I#0","I#0","J#0","J#0","J#0","J#0"],["A#1","A#1","A#1","A#1","B#1","B#1","B#1","B#1","C#1","C#1","C#1","C#1","D#1","D#1","D#1","D#1","E#1","E#1","E#1","E#1","F#1","F#1","F#1","F#1","G#1","G#1","G#1","G#1","H#1","H#1","H#1","H#1","I#1","I#1","I#1","I#1","J#1","J#1","J#1","J#1"],["A#2","A#2","A#2","A#2","B#2","B#2","B#2","B#2","C#2","C#2","C#2","C#2","D#2","D#2","D#2","D#2","E#2","E#2","E#2","E#2","F#2","F#2","F#2","F#2","G#2","G#2","G#2","G#2","H#2","H#2","H#2","H#2","I#2","I#2","I#2","I#2","J#2","J#2","J#2","J#2"],["A#3","A#3","A#3","A#3","B#3","B#3","B#3","B#3","C#3","C#3","C#3","C#3","D#3","D#3","D#3","D#3","E#3","E#3","E#3","E#3","F#3","F#3","F#3","F#3","G#3","G#3","G#3","G#3","H#3","H#3","H#3","H#3","I#3","I#3","I#3","I#3","J#3","J#3","J#3","J#3"],["A#4","A#4","A#4","A#4","B#4","B#4","B#4","B#4","C#4","C#4","C#4","C#4","D#4","D#4","D#4","D#4","E#4","E#4","E#4","E#4","F#4","F#4","F#4","F#4","G#4","G#4","G#4","G#4","H#4","H#4","H#4","H#4","I#4","I#4","I#4","I#4","J#4","J#4","J#4","J#4"],["A#5","A#5","A#5","A#5","B#5","B#5","B#5","B#5","C#5","C#5","C#5","C#5","D#5","D#5","D#5","D#5","E#5","E#5","E#5","E#5","F#5","F#5","F#5","F#5","G#5","G#5","G#5","G#5","H#5","H#5","H#5","H#5","I#5","I#5","I#5","I#5","J#5","J#5","J#5","J#5"],["A#6","A#6","A#6","A#6","B#6","B#6","B#6","B#6","C#6","C#6","C#6","C#6","D#6","D#6","D#6","D#6","E#6","E#6","E#6","E#6","F#6","F#6","F#6","F#6","G#6","G#6","G#6","G#6","H#6","H#6","H#6","H#6","I#6","I#6","I#6","I#6","J#6","J#6"],["A#7","A#7","A#7","A#7","B#7","B#7","B#7","B#7","C#7","C#7","C#7","C#7","D#7","D#7","D#7","D#7","E#7","E#7","E#7","E#7","F#7","F#7","F#7","F#7","G#7","G#7","G#7","G#7","H#7","H#7","H#7","H#7","I#7","I#7","I#7","I#7","J#7","J#7"],["A#8","A#8","A#8","A#8","B#8","B#8","B#8","B#8","C#8","C#8","C#8","C#8","D#8","D#8","D#8","D#8","E#8","E#8","E#8","E#8","F#8","F#8","F#8","F#8","G#8","G#8","G#8","G#8","H#8","H#8","H#8","H#8","I#8","I#8","I#8","I#8","J#8","J#8"],["A#9","A#9","A#9","A#9","B#9","B#9","B#9","B#9","C#9","C#9","C#9","C#9","D#9","D#9","D#9","D#9","E#9","E#9","E#9","E#9","F#9","F#9","F#9","F#9","G#9","G#9","G#9","G#9","H#9","H#9","H#9","H#9","I#9","I#9","I#9","I#9","J#9","J#9"],["A#10","A#10","A#10","A#10","B#10","B#10","B#10","B#10","C#10","C#10","C#10","C#10","D#10","D#10","D#10","D#10","E#10","E#10","E#10","E#10","F#10","F#10","F#10","F#10","G#10","G#10","G#10","G#10","H#10","H#10","H#10","H#10","I#10","I#10","I#10","I#10","J#10","J#10"]]
```


```

1. Por aceitar funções como parâmetro de outras funções, fatos comuns nas abstrações em música;
 2. Por possuir transparência referencial;

3. Por minimizar efeitos colaterais, mesmo em interfaces gráficas (utilizando a técnica de Tipos Únicos);
4. Por ser fortemente tipada, evitando que programas com problemas de tipo sejam compilados e, desta forma, não transferindo tal erro para avaliação pelo usuário. Assim, da mesma forma com que a matemática procede, uma função apenas manipula argumentos de mesmo tipo de dado. Estruturas computacionais, como listas e vetores, também só poderão ter elementos de mesmo tipo, podendo-se, desta forma, utilizá-la como domínio e conjuntos de dados a serem manipulados com segurança pelas funções desejadas;
5. Por não aceitar avaliação destrutiva de variáveis⁵⁷;
6. Por possuir avaliação *lazy*⁵⁸, e, quando desejado, avaliação *eager*⁵⁹;
7. Por possuir coleta automática de lixo, o que, mesmo para programadores experientes, é uma tarefa difícil e trabalhosa de ser implementada com eficiência;
8. Por ser polimórfica⁶⁰, permitindo uma mesma função, em diferentes contextos, seja aplicada de forma diferente aos dados recebidos;
9. Por permitir a utilização de códigos gerados por outras linguagens (obj, dll), como, por exemplo: C. Assim, evita-se ter que desenvolver programas já eficientes e consagrados por outras linguagens, principalmente quando se tem que desenvolver drivers para controle de placas e programas para manipular portas de dados, os quais demandam programação em baixo nível de abstração, como no caso de enviar e ler dados da placa de som;
10. Por ser, dentre as linguagens funcionais e lógicas, a que possui melhor benchmark em quase todos os tipos de aplicações⁶¹. A Figura 3.39 mostra este Benchmark.

⁵⁷ A avaliação destrutiva só é aceita em interfaces gráficas, onde é necessária, mas tutelada pela técnica de tipos únicos que evita que tal avaliação cause efeitos colaterais e a perda da transparência referencial.

⁵⁸ Lazy evaluation. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Lazy_evaluation>. Acesso em 28 set. 2012.

Lazy – do inglês: preguiçosa. Um termo que, traduzido, não expressa a intenção. *Lazy*, no caso, significa que a linguagem não avalia os dados ou funções enquanto não for necessário. Isto não é preguiça, é eficiência.

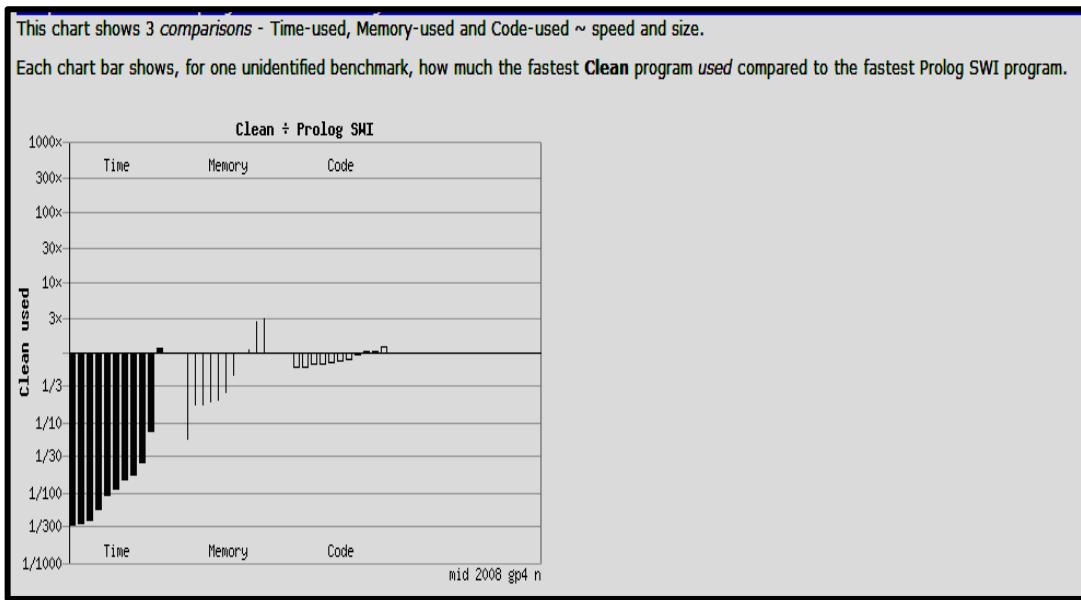
⁵⁹ Eager evaluation. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Eager_evaluation>. Acesso em 28 set. 2012.

Eager – do inglês – ávida, desejada. No caso, o termo seria melhor a tradução precoce, prévia. A linguagem avalia todos os dados antes de manipulá-los, mesmo que a maioria deles não venha a ser utilizada.

⁶⁰ Não confundir polimorfismo com sobrecarga de operadores. Na sobrecarga apenas se define como um operador ou função vai manipular um determinado tipo de dado. A sobrecarga não se preocupa com o contexto. Uma função polimórfica, por trabalhar com dados de tipos diferentes, necessita que os operadores utilizados por ela sejam sobrecarregados para os tipos utilizados.

⁶¹ Ubuntu : Intel® Q6600® one core - Computer Language Benchmarks Game. Disponível em: <<http://shootout.alioth.debian.org/gp4/benchmark.php?test=all&lang=all>>. Acesso em 28 set. 2012.

Figura 3.39 - Benchmark comparando Clean com um Prolog rápido



Fonte: Ubuntu : Intel® Q6600® one core - Computer Language Benchmarks Game⁶²

7. Por possuir código simples, legível e limpo, mesmo em interfaces gráficas e visuais. Uma simples linha de programação cria uma interface SDI, conforme a seguir:

montaJanelaSDIPadrao ids nome fundo 0 0 (objetos ids) comp

Onde os argumentos são:

- **ids** – lista de identificadores de objetos (janela e objetos).
- **nome** – nome que será colocado no arcabouço.
- **fundo** – bitmap a ser colocado no fundo da janela.
- **0 0** – dois argumentos para passar parâmetros globais e locais entre processos (no caso não foram utilizados e colocou-se 0 para os mesmos).
- **objetos ids** – objetos a serem colocados na interface, no caso, um botão e um campo de texto.
- **comp** – argumento de controle do tipo único.
 - Onde para criar objetos tem-se:
- **botão**- botaoXY nome posX posY largura altura id função dica
- **campo texto**- editControlXY texto posX posY largura nlinhas id dica

⁶² Ubuntu : Intel® Q6600® one core - Computer Language Benchmarks Game. Disponível em: <<http://shootout.alioth.debian.org/gp4/benchmark.php?test=all&lang=clean&lang2=swiprolog>> Acesso em 12 jul. 2012

Portanto, o código, como afirmado, é simples de ser implementado e legível, conforme mostra a Figura 3.40.

Figura 3.40 - Código de um interface SDI com botão e campo de texto

```

interfaceSimple.icl - G:\!!!!Atende sandra 2012!!!! A T E S E \interfaceSimple.icl
1 module interfaceSimple
2 import StdEnv,StdIO,interfaceG
3
4 nome      = "INTERFACE SIMPLES"
5 fundo     = "fundo.bmp"
6 objetos ids = ( botaoXY "EXECUTA" 10 10 60 30 (ids!!1) "" "Não faz nada!"
7           ::+
8           editControlXY "" 10 60 150 3 (ids!!3)      "campo de |texto")
9
10 Start comp
11 #(ids,comp) = openIds 4 comp
12 = montaJanelaSDIPadrao ids nome fundo 0 0 (objetos ids) comp

```

The image shows a CleanIDE window with the code for 'interfaceSimple.icl'. Below the code is a screenshot of a window titled 'INTERFACE SIMPLES'. The window has a yellow background with a red diagonal stripe. It contains a button labeled 'EXECUTA' and an empty text input field.

8. Por ser intuitiva para pessoas que nunca programaram e/ou que são de outros domínios do conhecimento, como, por exemplo: músicos.

Exemplo 1: Modificando o exemplo do item 6, para retornar somente as notas de uma dada oitava. Acrescenta-se na função a restrição da oitava, ou seja: **o<-oitavas / o==oit** (**o** pertence(<-) à lista de oitavas, tal que() o == oit), onde **oit** é o argumento da função **listaDeNotasOitava** que determina a oitava escolhida. A Figura 3.41 mostra o código em Clean desta função:

Figura 3.41 - Código em Clean de uma função que gera notas com restrição de oitavas

```

10 // Função que pega as notas de uma oitava apenas
11 listaDeNotasDaOitava oit=
12   [ [n++|a++|o|\n<-nomeNotas,a<-acidentesSustentidos] \\o<-oitavas | o== oit]
13 //retorna todas as notas de 5a. oitava
14 Start = listaDeNotasDaOitava "5"

```

The image shows a CleanIDE window with the code for 'listaDeNotasDaOitava.icl'. Below the code is a terminal window showing the output: a list of musical notes in 5th octave: C#5, A#5, G#5, B#5, D#5, F#5, E#5, C5, B#5, A#5, G#5, F#5, E#5, D#5, C#5, B#5, A#5, G#5, F#5, E#5.

Exemplo 2: Modificando agora para o programa devolver apenas as notas de uma lista de oitavas que tenham no máximo 2 sustentidos. Observe que tem uma restrição no número de acidentes: linha 12 - | size a <= nAcidentes e que pertençam à 2ª e 5ª oitavas: linha 13

- | isMember o listaOitavas. A Figura 3.42 mostra o código deste programa.

Figura 3.42 - Código em Clean de uma função que gera notas com restrição de um range de oitavas e números de sustenidos

```

10 // Função que pega as notas de algumas oitavas com até n acidentes
11 listaDeNotasDaOitava listaOitavas nAcidentes=
12     [[n+++=a+++=o\\n<-nomeNotas,a<-acidentesSustenidos | size a <=nAcidentes ] \\
13         o<-oitavas | isMember o listaOitavas]
14 //retorna todas as notas de 2a. e 5a oitava com até 2 acidentes
15 Start = listaDeNotasDaOitava ["2", "5"]| 2

```

Observações:

- A leitura do código é intuitiva, bem aderente à formalização matemática.
- Pode-se alterar as funções radicalmente com pouca alteração do código pré-existente.

3.11.2 Estrutura do Programa

Para formalizar a estrutura do programa foram utilizados os Mapas Conceituais desenvolvidos inicialmente por Novak em 1972 (NOVAK; CAÑAS, 2008).

Estes mapas são representações gráficas semelhantes a diagramas, os quais indicam relações entre conceitos ligados por ações.

Os mesmos representam os conceitos de uma forma hierárquica, trazendo os conceitos gerais na parte superior do gráfico e os específicos na parte inferior.

A aplicação dos mapas conceituais está embasada em uma teoria construtivista, entendendo que o indivíduo constrói seu conhecimento e significados a partir da sua predisposição para realizar esta construção.

Os mapas conceituais servem, primariamente, como instrumentos para facilitar o aprendizado do conteúdo sistematizado em conteúdo significativo para o aprendiz.

Este tipo de representação gráfica se mostrou, também, eficiente e clara para formalização de software e hardware, como mostra Saravia (2008).

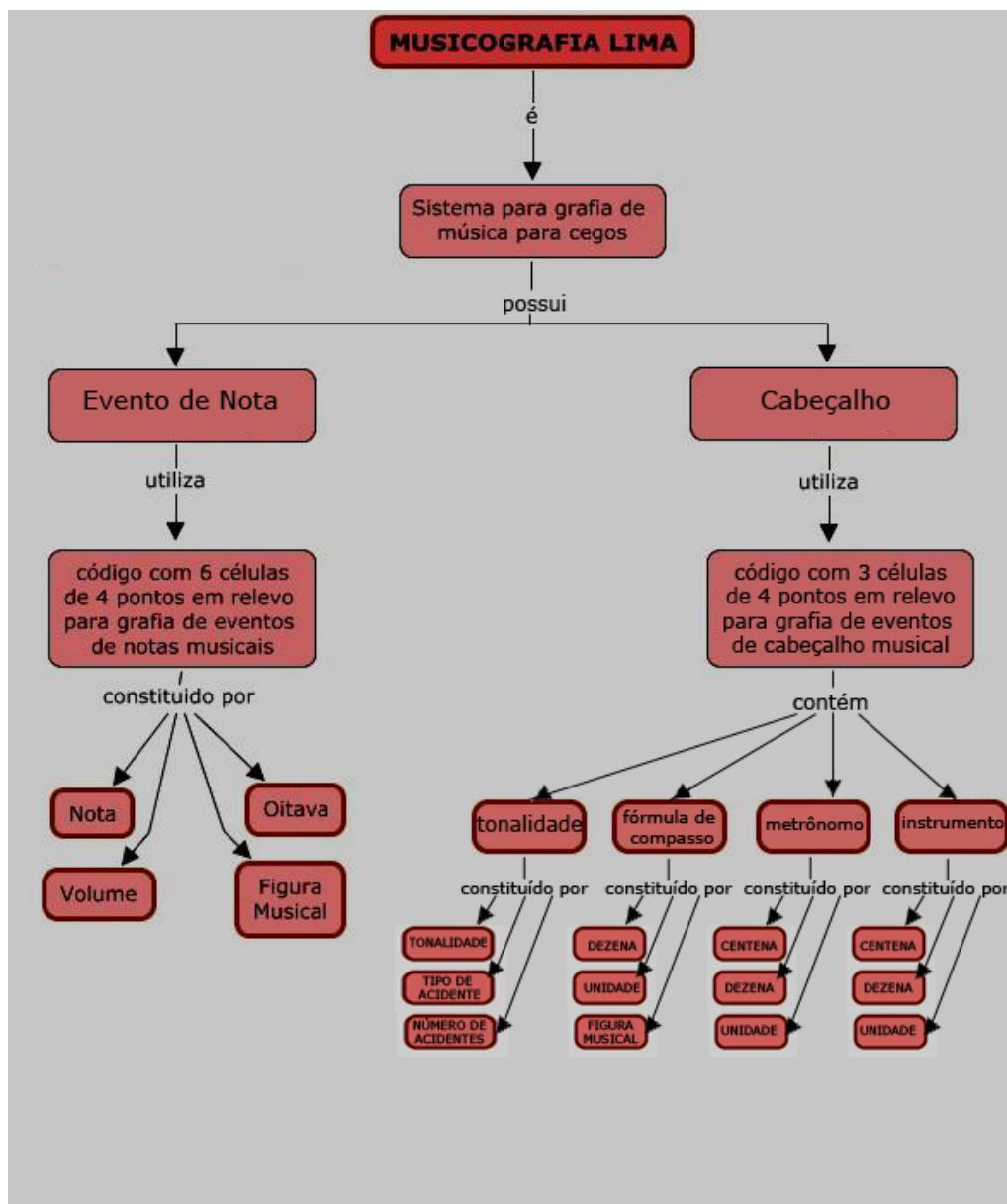
A formalização do sistema será dividida em vários diagramas visando uma visualização Top-down.

3.11.3 DrMusicalLima

3.11.3.1 Musicografia Lima

O objetivo principal deste software⁶³ é gerar a grafia musical para os deficientes visuais, conforme descrito na Musicografia Lima. O mapa conceitual, a seguir, no Figura 3.43 apresenta, de uma forma macro, esta codificação.

Figura 3.43 - Mapa Conceitual - Musicografia Lima

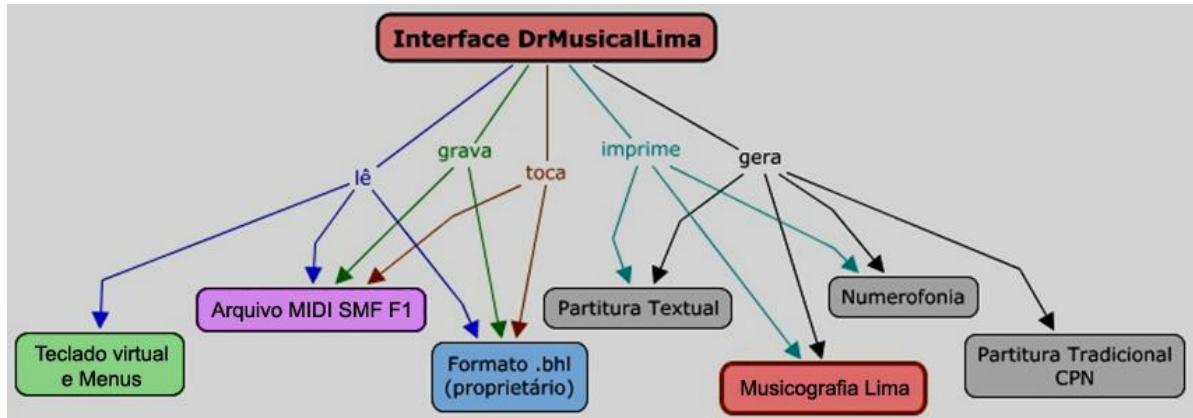


3.11.3.2 A interface e funcionalidade do DrMusicalLima

O programa DrMusicalLima possui as seguintes funcionalidades apresentadas pelo mapa conceitual, no Figura 3.44.

⁶³ Para tanto, foram utilizados fundamentalmente a linguagem CLEAN (item 3.11.1) para a implementação do programa e as regras de produção dos eventos MIDI (capítulo 2, item 2.3.3.3).

Figura 3.44 - Mapa Conceitual – Interface DrMusicalLima



3.11.3.3 Entrada de dados musicais no DrMusicalLima

3.11.3.3.1 Teclado virtual e Menus

Os seguintes itens são utilizados na interface para entrada de dados via teclado virtual e menus. As Figuras 3.45, 3.46, 3.47, 3.48, 3.49, 3.50, 3.51 mostram cada um dos itens a seguir:

- teclado Virtual: entrada da nota musical
- escolha Nota/Acorde
- escolha do instrumento da nota
- escolha do volume da nota
- escolha do canal MIDI
- escolha da Figura musical
- cabeçalho

Figura 3.45 - Teclado Virtual: entrada da nota musical



Figura 3.46 - Escolha Nota/Acorde



Figura 3.47 - Escolha do instrumento da nota



Figura 3.48 - Escolha do volume da nota



Figura 3.49 - Escolha do canal MIDI



Figura 3.50 - Escolha da Figura musical

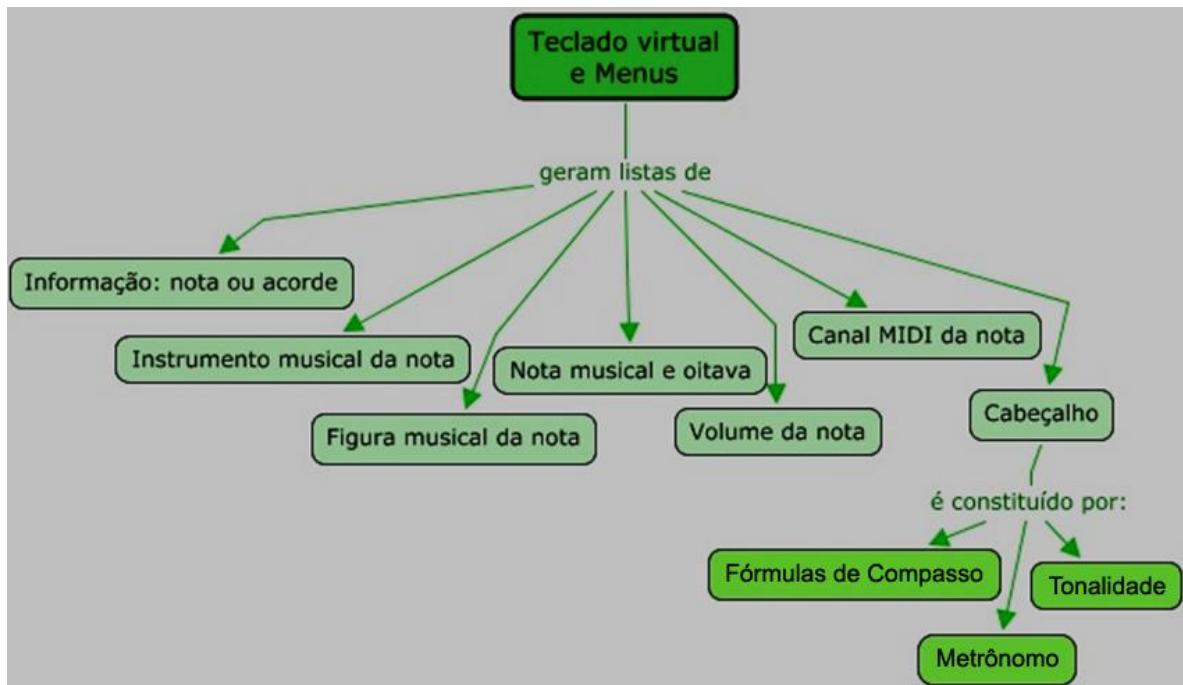


Figura 3.51 - Cabeçalho

Parâmetros iniciais
Metrômetro = 120 fórmula de compasso = 4/4 ppq = 96 tonalidade = dó maior
Metrômetro = 120 fórmula de compasso = 3/4 ppq = 96 tonalidade = sol maior

O mapa conceitual, a seguir, na Figura 3.52, apresenta a entrada de dados via teclado virtual.

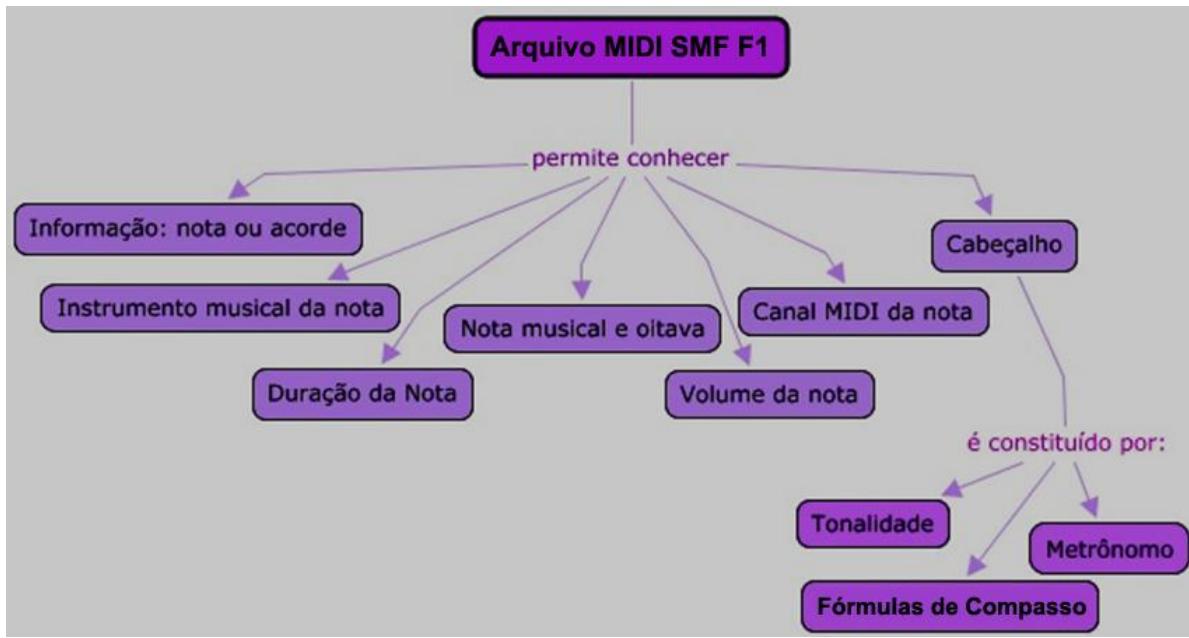
Figura 3.52 - Mapa Conceitual – Teclado Virtual e Menus



3.11.3.3.2 Arquivo MIDI SMF F1

O mapa conceitual, a seguir, no Figura 3.53, apresenta a entrada de dados via arquivos MIDI SMF F1.

Figura 3.53 - Mapa Conceitual – Arquivo MIDI SMF F1



3.11.3.3.3 Formato .bhl (proprietário do sistema)

Assim como se idealizou criar um novo código, uma nova musicografia para cegos, simplificando o código gerado, também se idealizou criar um protocolo com um formato simples de ser implementado e lido, contendo uma redução significativa de informações quando comparado, por exemplo, com o MusicXML e os arquivos SMF.

O formato, cuja extensão foi nominada por bhl, além de simples, sem *tags*, foi implementado para armazenar os dados da interface do software, o DrMusicalLima, com armazenamento não destrutivo das informações registradas. O mesmo é textual, estruturado em listas de eventos por linha do texto.

Projetou-se, para este fim, uma estrutura no software, utilizando lista de dados, onde cada lista armazena uma informação de parte dos eventos registrados nos paradigmas de escrita musical utilizados na interface, a saber:

1. Partitura CPN
2. Partitura Textual
3. Partitura em Numerofonia

4. Partitura em Musicografia Lima

Para armazenar todas as informações necessárias para a edição destes 4 (quatro) paradigmas de partitura, foram implementadas 8 listas para armazenagem de eventos musicais e uma lista contendo o cabeçalho utilizado pela Partitura Textual e pela Musicografia Lima, a saber:

1. lista contendo a informação de se estar inserindo uma nota ou um acorde;
2. lista contendo o instrumento musical de cada nota (o software permite mudar o instrumento a cada nota);
3. lista contendo a figura musical de cada nota;
4. lista contendo as notas musicais e respectivas oitavas;
5. lista contendo o volume de cada nota;
6. lista contendo o canal midi de cada nota (de 0 a 15);
7. lista contendo a coordenada x de cada nota musical a ser plotada na CPN;
8. lista contendo a coordenada y de cada nota musical a ser plotada na CPN;
9. lista contendo o cabeçalho: tonalidade, fórmula de compasso e o metrônomo utilizados nos paradigmas CPN e Musicografia Lima.

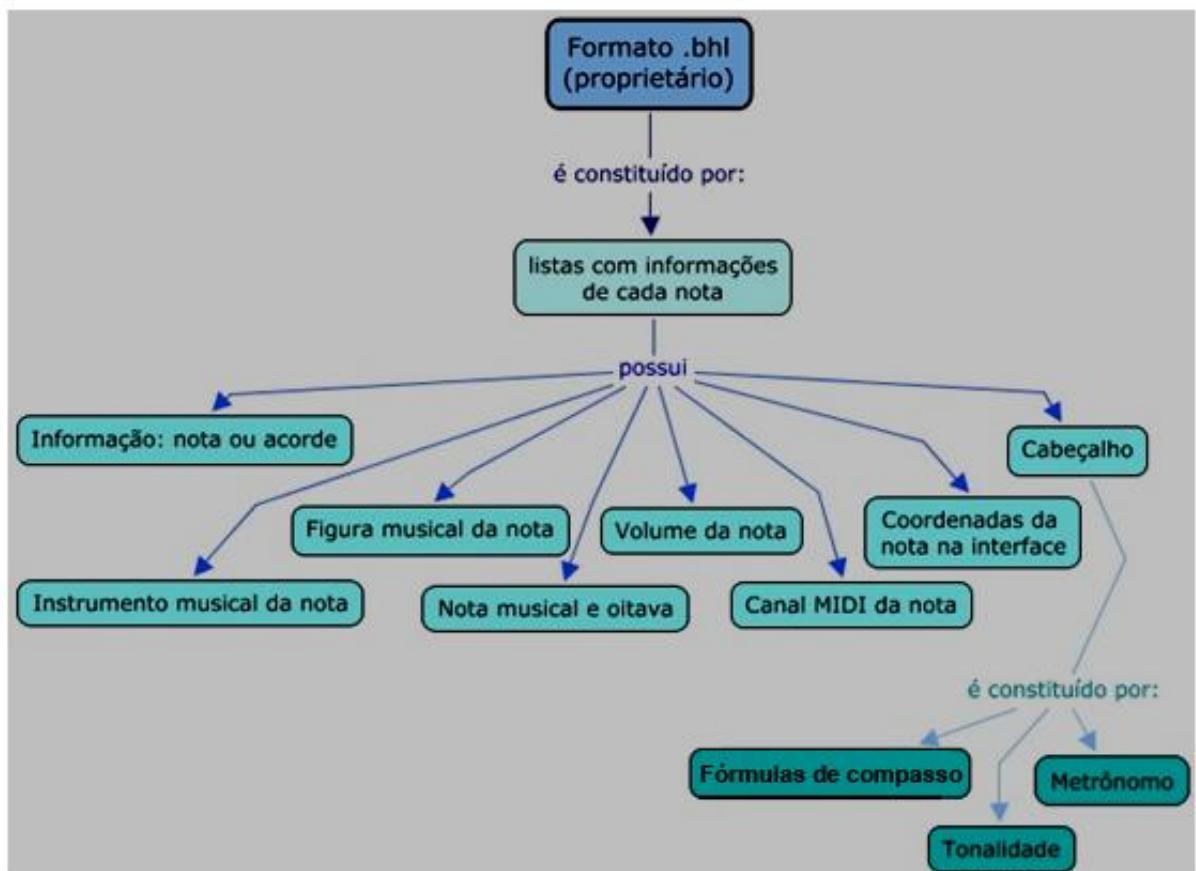
O formato nada mais é que o *casting*, a conversão de tipo de dados, das listas para formato texto, onde cada lista compõe uma linha do texto.

Foram utilizados dois separadores para realização da análise léxica e sintática do arquivo texto bhl a ser lido pela interface:

- o separador '\n' (salta linha) para separar cada linha do texto que comporão as 9 listas da interface já citadas anteriormente.
- o separador ',' para separar os tokens das informações de cada linha que comporão os elementos das 9 listas citadas anteriormente.

A Figura 3.54 apresenta o mapa conceitual dos arquivos .bhl.

Figura 3.54 - Mapa Conceitual – Formato .bhl (proprietário)



A Figura 3.55 mostra o arquivo texto em formato bhl. O mesmo contém todas as informações que serão convertidas (*casting*) para as listas utilizadas no DrMusicalLima para a plotagem dos 4 paradigmas de partituras geradas na interface. Após lido o arquivo e plotadas as partituras, pode-se alterar, de forma não destrutiva, qualquer informação anteriormente feita na interface antes do salvamento da partitura.

Figura 3.55 - Arquivo .bhl (textual)

```

arqnov031.bhl - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
nota,nota,nota,nota
piano,piano,piano,piano
semínima,semínima,semínima,semínima
m15,re6,fa5,la5
100,100,100,100
0,0,0,0

128,178,228,278
98,73,94,86

doMaior,4/4,60
  
```

Observe nesta figura que se tem 9 linhas. Cada linha, conforme já explicado, será

convertida em uma lista de dados da interface. Elementos de mesmo índice das primeiras 8 linhas (listas), correspondem ao mesmo evento musical. Assim, como exemplo, o primeiro evento deste arquivo seria:

-Nota musical tocada com instrumento piano, com duração de uma semínima, nota mi5, com volume igual a 100 a ser tocada no canal MIDI 0 e plotada na partitura CPN na posição x= 128 e y= 98 (posições equivalentes à nota mi5 no pentagrama da interface)

Observa-se, portanto, que, para se eliminar um evento, basta eliminar todos os elementos de mesmo índice de cada uma das 8 listas. Isto é feito colocando o ponteiro do mouse, na partitura CPN, na nota musical desejada. Ao fazer isto, conhece-se a posição do mouse permitindo conhecer o índice do evento nas listas de coordenadas x e y. Conhecendo o índice, basta eliminar todos os elementos de mesmo índice de todas as listas. O sistema de refresh da interface se encarrega de ler novamente as 8 listas e replotar as partituras, atualizando as modificações.

3.11.3.4 DrMusicalLima - Observações

- O programa desenvolvido tem como objetivo fundamental apresentar um paradigma de leitura musical para o assistente ou professor musical de um deficiente visual, com os conceitos mais relevantes existentes em uma partitura CPN tradicional.
- O resultado da compilação e conversão dos arquivos MIDI SMF para as metáforas citadas é mostrado no monitor do computador, e, também, através de impressão.
- No caso da impressão do código em pontos em relevo, os mesmos são impressos espelhados, de tal forma que os acompanhantes dos deficientes visuais possam fazer como fez a prof^a Lílian Monteiro Gazon⁶⁴, a qual utiliza um recurso extremamente barato e acessível para gerar material com codificação com pontos em relevo, como é o método Braille, através da perfuração de cartolina ou papel de gramatura elevada, com uma agulha.
- O programa, assim, imprime pontos brancos e pretos da impressão espelhada, onde o assistente poderá perfurar os pontos pretos.

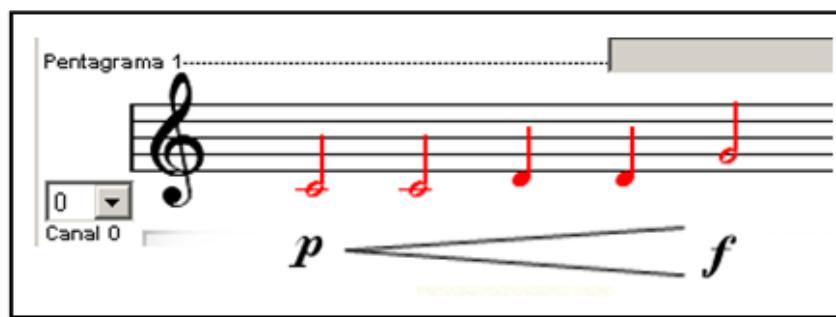
⁶⁴ Jornal da UNICAMP. Campinas, ano 24, n. 454, mar. 2010. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/marco2010/ju454_pag11.php#>>. Acesso em 05 mai. 2012.

3.11.3.4.1 A Interface do Programa

A Figura 3.61 apresenta a interface do programa onde um exemplo de música foi armazenado em arquivo MIDI SMF, lido pelo sistema e posteriormente, mostrado o conteúdo do arquivo em quatro metáforas diferentes, em quatro paradigmas, ilustrados pelas Figuras 3.56, 3.57, 3.58 e 3.59.

1. CPN tradicional – partitura convencional;

Figura 3.56 - Item da interface: Partitura CPN



2. formato Texto;

Figura 3.57 - Item da Interface: Partitura Textual

PARTITURA TEXTUAL				
METRÔNOMO = 120		INSTRUMENTO = AcousticGrandPiano		FÓRMULA DE COMPASSO = 3/4
MUSICA = [do5 m v=49] [do5 m v=60] [re5 sm v=72] [re5 sm v=80] [sol5 m v=96]				
INTENSIDADE: VALORES DE 0 a 127, ONDE: ppp=16, pp=33, p=49, mp=64, mf=80, f=96, ff=112, fff=126				

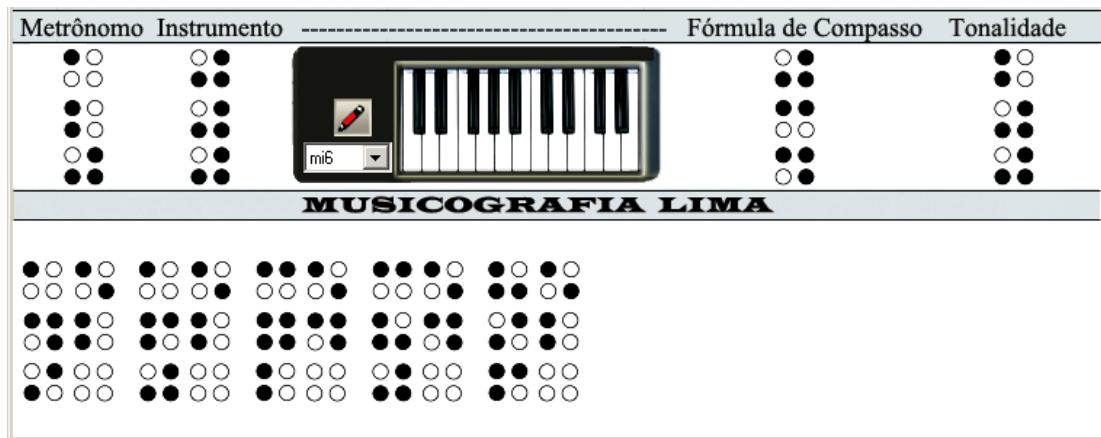
3. Numerofonia;

Figura 3.58 - Item da Interface: Partitura em NUMEROFONIA



4. código de pontos em relevo: Musicografia Lima.

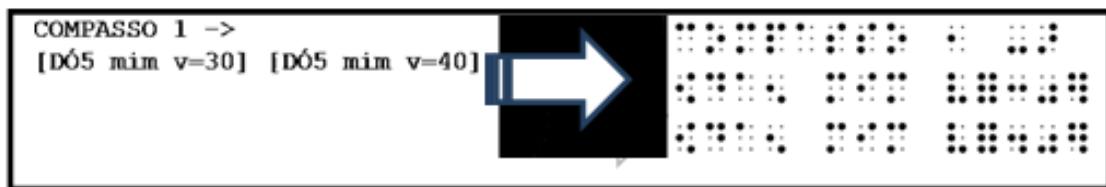
Figura 3.59 - Item da Interface: Partitura na Musicografia Lima



Observações:

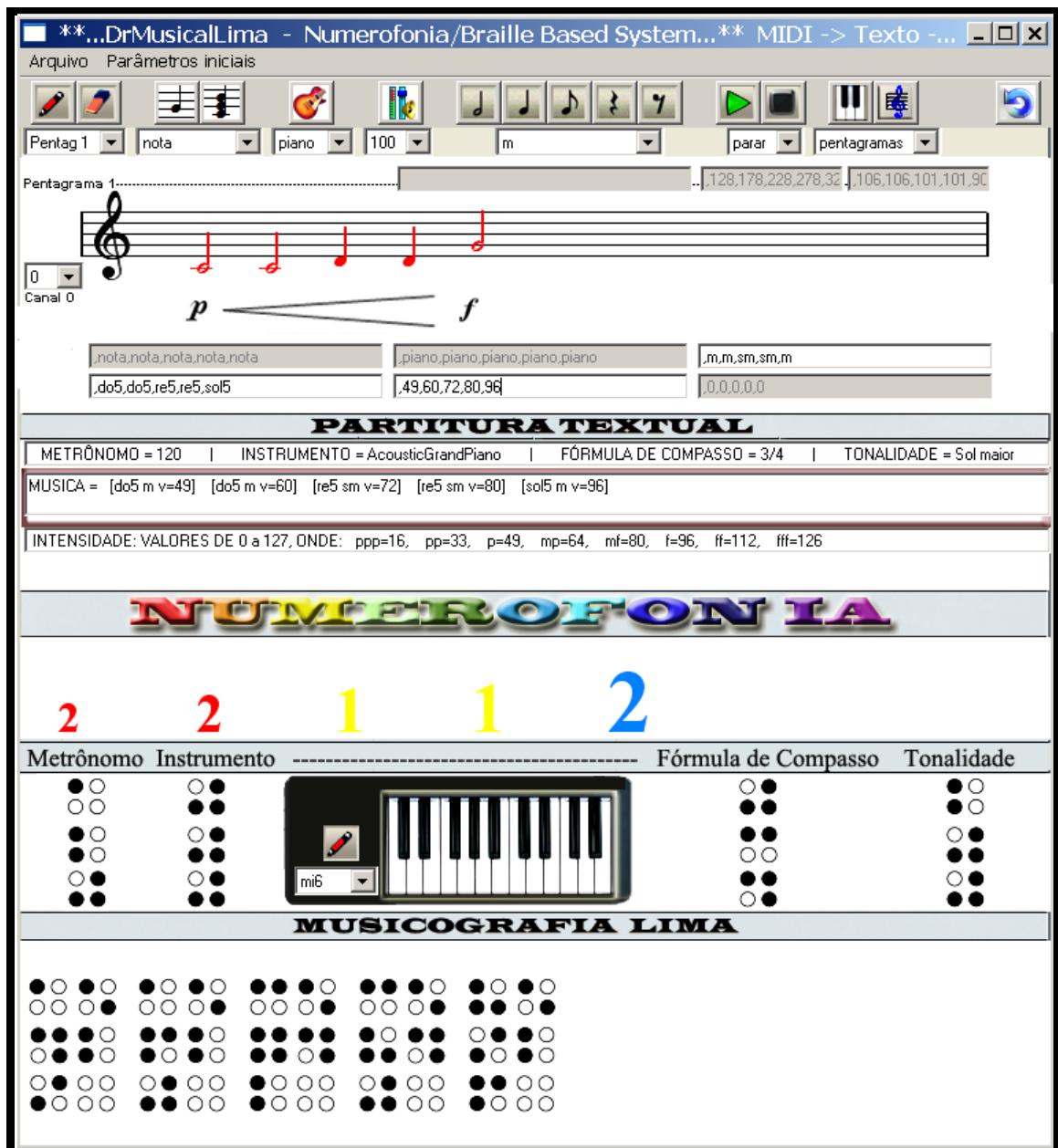
- A conversão de texto musical para Braille convencional textual será objeto de trabalhos futuros
- A música em formato Texto para Braille regular é uma opção a ser colocada na interface ou como um item do menu, como mostra a figura 3.60.

Figura 3.60 - Conversão de Partitura Textual para Braille regular



A interface completa do programa com os itens descritos é apresentada na Figura 3.51 a seguir:

Figura 3.61 - Interface do Protótipo do programa DrMusicalLima



CAPÍTULO 4

APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO CÓDIGO PROPOSTO

Este capítulo se encarrega de apresentar um roteiro para aplicação do Código Lima para validação do sistema, levantamento de pontos onde o código necessita de ajustes e evocação de parecer, por parte de deficientes visuais, se o sistema atende os objetivos inicialmente traçados nesta pesquisa.

O roteiro utiliza-se de ferramentas de Ensino – Aprendizagem: os Mapas de Conhecimento e a ferramenta de Memorização denominada de Raio do Conhecimento de Aprendizado 2ⁿ (LIMA et al, 2013).

Além do roteiro, também é apresentada a validação e evocação de parecer por professoras de música da escola estadual (CEMARB – Conservatório Estadual de Música e Centro Interescolar de Artes Raul Belém)⁶⁵ através de um minicurso sobre a Musicografia Lima.

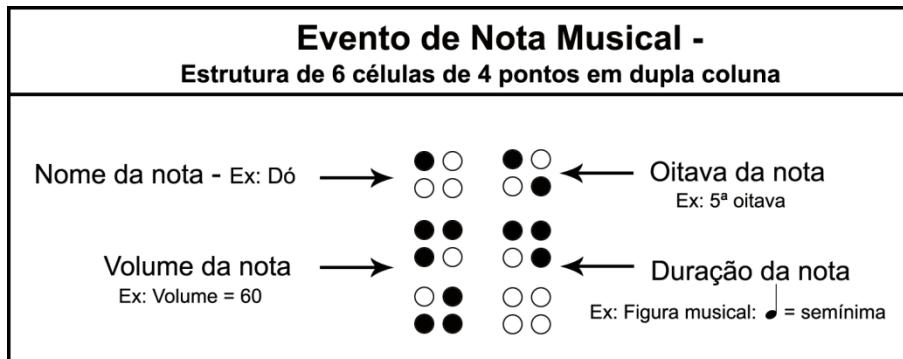
4.1 Roteiro para aplicação do Código Lima com pessoas cegas

O roteiro de aplicação do Código Lima, conforme descrito neste capítulo, segue a estrutura de se apresentar uma teoria musical básica necessária para que o deficiente visual entenda e execute a Codificação Lima sob avaliação e validação. Para que os conceitos sejam fixados, bem como para que se possa avaliar e validar a codificação, teoria musical básica e exercícios são apresentados progressivamente em cada etapa, até que toda a estrutura do Código Lima seja apresentada. No escopo da teoria musical básica, quando necessário, é apresentada a Codificação Lima pertinente ao conceito em foco, de forma que o leitor, usuário do roteiro, não tenha de recorrer à leitura do texto na busca precisa da informação. Apesar de se apresentar progressivamente a estrutura, como será visto no relatório da aplicação da Musicografia Lima, antecipa-se que foi importante, inicialmente, apresentar a estrutura da Musicografia Lima, eventos de nota, objeto de estudo e validação pelo deficiente visual. Isto tornou mais claro os objetivos da avaliação e facilitação do entendimento, por parte do deficiente visual, do que seria ensinado.

A Figura 4.1 exemplifica a estrutura da Musicografia Lima para os eventos de nota.

⁶⁵ CEMARB - Escola Estadual de Música da cidade de Araguari – MG.

Figura 4.1 – Estrutura da Musicografia Lima → Eventos de Nota



O roteiro apresenta 6 etapas:

- Etapa 1 – é feita a anamnese com informações sobre o colaborador e as dificuldades encontradas por ele em seu dia-a-dia.
São informados também os dias, horários e local para a aplicação do Código Lima sendo também apresentada a estrutura do Código Lima.
- Etapa 2 a 5 - são apresentados gradativamente a teoria musical básica, exercícios e o Código Lima, condizentes com cada item da etapa correspondente.
- Etapa 6 – última entrevista com o colaborador Lucas Vinícius de Sousa e seus acompanhantes (José Roberto de Sousa e Andréia Luzia de Souza), quando são entregues em pontos em relevo e traduzidas na língua portuguesa, as tabelas com todo o Código Lima e uma música: Romance de Amor⁶⁶. Nesse momento é utilizada a ferramenta de Memorização denominada de Raio do Conhecimento de Aprendizado 2º (LIMA et al, 2013).

4.1.1 Etapa 1: Anamnese - 1º Dia: 15/09/2012

4.1.1.1 *Informações:⁶⁷ sobre o colaborador e as dificuldades encontradas por ele em seu dia-a-dia*

- Dados Pessoais:

Colaborador: Lucas Vinícius de Sousa

Idade: 15 anos

⁶⁶ Romance de Amor de autoria de Antônio Rovira.

⁶⁷ As informações a seguir foram coletadas no primeiro dia (15/09/2012) e no último dia (18/09/2012) pelo colaborador Lucas e por seus pais.

Acompanhantes⁶⁸:

Pai: José Roberto de Sousa

Mãe: Andréia Luzia de Sousa

- Nível escolar:

1. Instituto Louis Braille

Cursou do Pré à 4^a série quando o Instituto foi fechado por falta de recursos e pelo novo programa do governo de Inclusão Escolar.

Deixou o Instituto totalmente alfabetizado, lendo Braille fluentemente.

Professora competente na área: Maria Judit Lemes Pereira

2. Escola Estadual Madre Maria Blandina (Polivalente)

Cursa: o 1º Ano do Ensino Médio

3. Conservatório Estadual de Música e Centro Interescolar de Artes Raul Belém (CEMARB)

Cursa o 9º Ano aprendendo música sem a leitura de partituras.

Dificuldades encontradas:

Falta de recursos e apoio do governo.

4.1.1.2 Escolha de horários para a aplicação do Código Lima

Os horários escolhidos são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Quadro com dia, horário e local para a aplicação do Código Lima

Dia	Horário	Local
17/09/2012	16:00hs	Na residência de Lucas ⁶⁹
18/09/2012	16:00hs	Na residência de Lucas
19/09/2012 ⁷⁰	Depois das 13:00hs	Na residência de Lucas
20/09/2012	Depois das 15:00hs	Na residência de Lucas

⁶⁸ Os acompanhantes não têm conhecimento musical.

⁶⁹ A residência é de Lucas Vinícius de Sousa, o colaborador.

⁷⁰ A aplicação do código foi finalizada com êxito no dia 18/09/2012, não precisando serem marcados os outros dias: 19 e 20/09/2012.

4.1.1.3 Apresentação da Estrutura do Código Lima

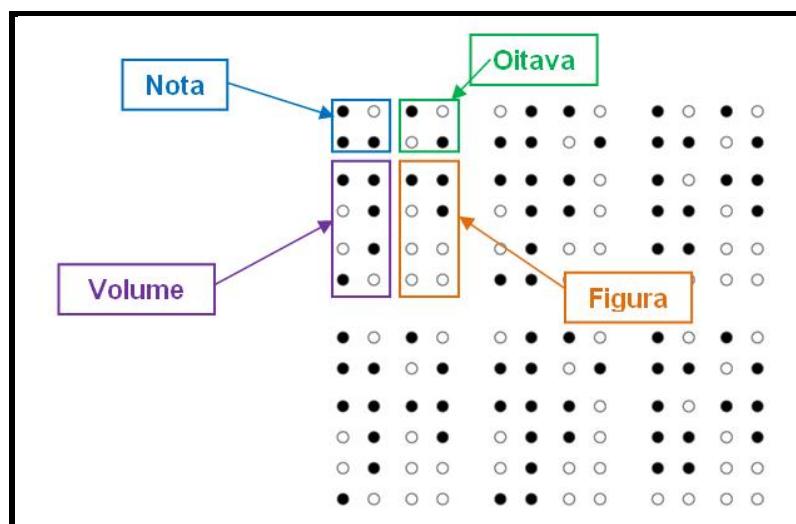
Foi apresentada ao Lucas a estrutura do Código Lima juntamente com uma noção teórica de cada célula de 4 pontos (nota, oitava, figura e volume) e a maneira como ela é disposta no papel.

A estrutura foi feita perfurando-se um papel vergê com um martelo, um prego de ponta arredondada e um pedaço de madeira. A impressão do código no papel foi feita de maneira invertida para que o ponto ficasse em relevo no outro lado da folha de papel.

Foram feitos quatro tipos de testes com estruturas apresentando distâncias diferentes⁷¹ entre pontos, células e linhas, como pode ser observado nas Figuras 4.3 e 4.4.

Primeiramente, foi apresentada a estrutura do 1º teste, Figura 4.2, onde foi apresentada a estrutura do Código Lima: nota, oitava, figura e volume. Foi especificado que o Código Lima se baseia na numeração do código Braille de 0 a 9 possuindo apenas 6 códigos diferentes para serem memorizados.

Figura 4.2 – Estrutura do 1º Teste



Lucas não teve dificuldades ao ler a estrutura e dessa forma, foi pedido que ele também analisasse as distâncias entre os pontos, células, linhas, conforme é apresentado nas Figuras 4.3 e 4.4.

⁷¹ A escolha do tamanho dos pontos (diâmetro da base) e a distância entre os pontos, células e linhas foram pesquisados de acordo com vários autores como Rosa, Huertas & Simón (1993, p. 268), Oliva (1994) e Cunha (2009, p. 17). Escolheu-se Oliva (1994) e Cunha (2009, p.17).

A distância entre as estruturas foi convencionada com a mesma distância entre as linhas no Braille.

Figura 4.3 – 1º e 2º Testes:
Primeira análise: distâncias entre pontos, células, linhas e estruturas

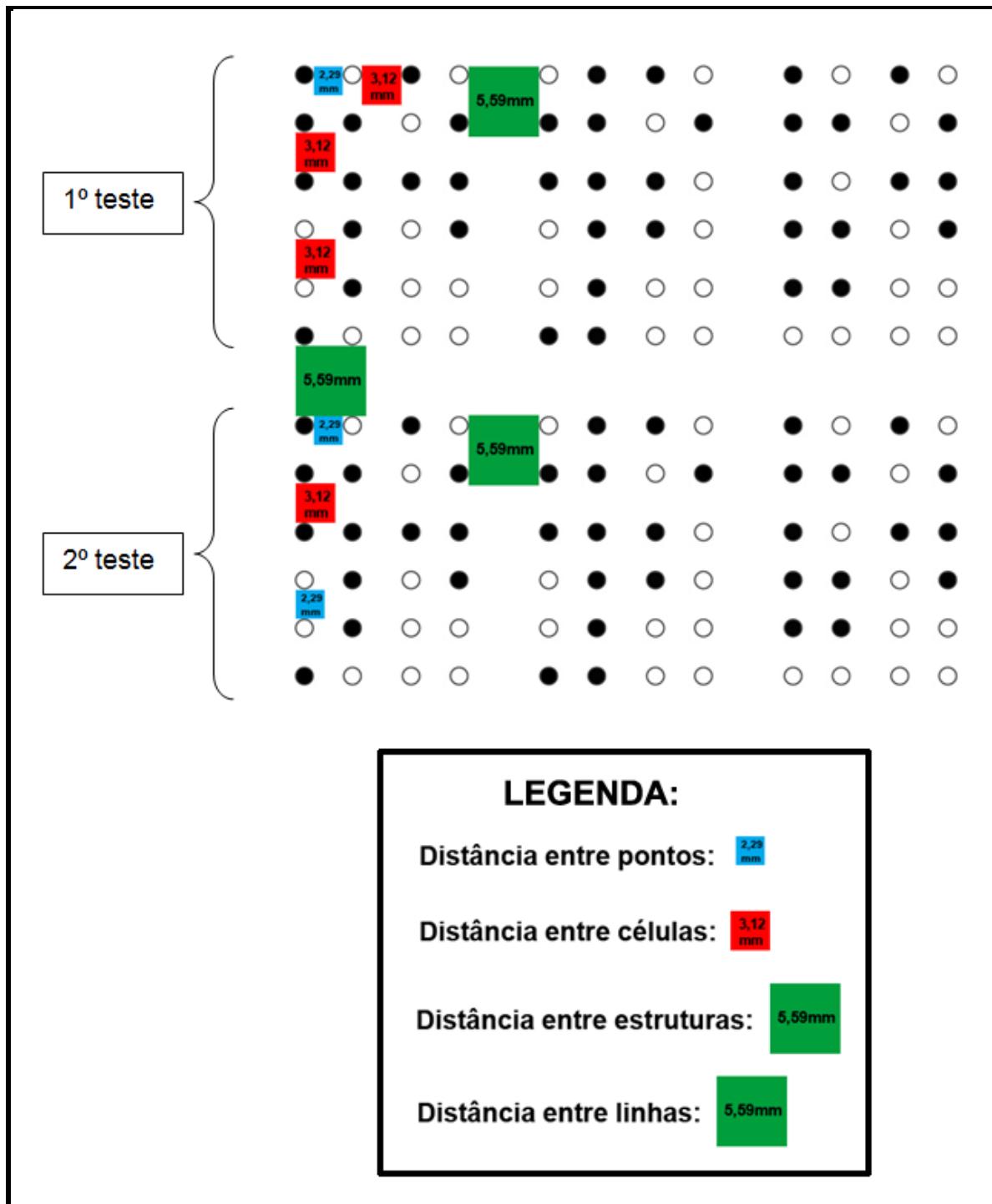
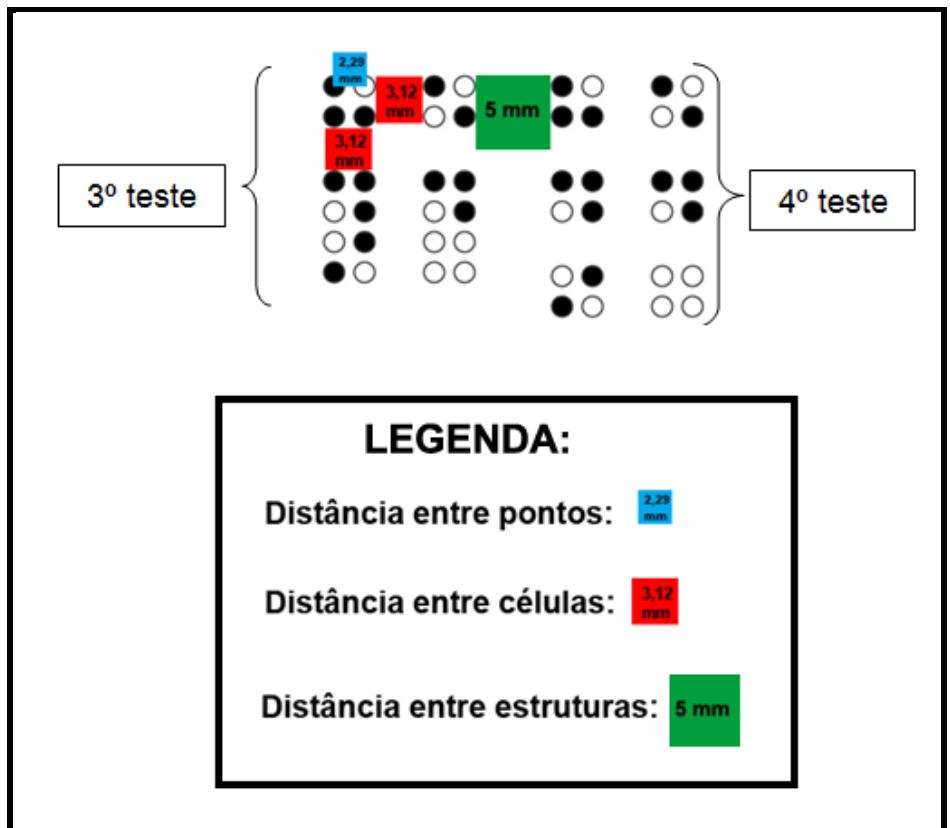


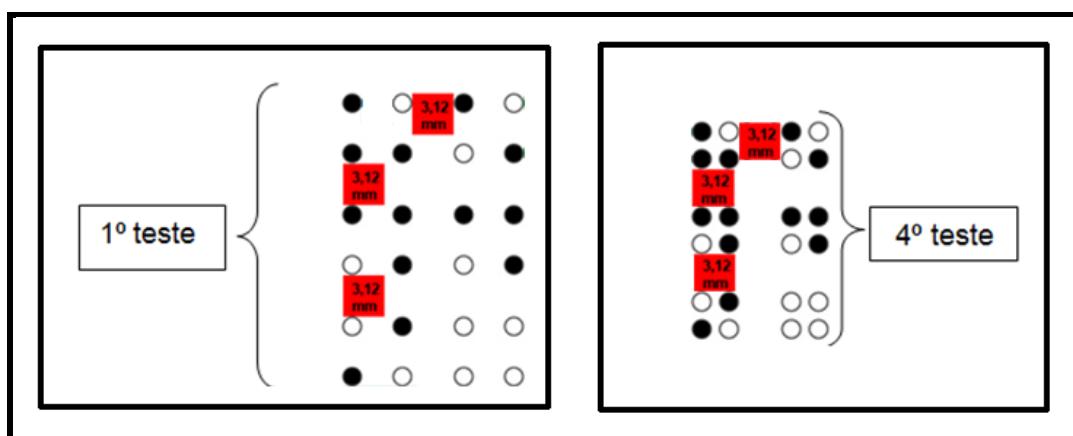
Figura 4.4 – 3º e 4º Testes
Segunda análise: distâncias entre pontos, células e estruturas



As conclusões chegadas pelo colaborador Lucas foram as seguintes:

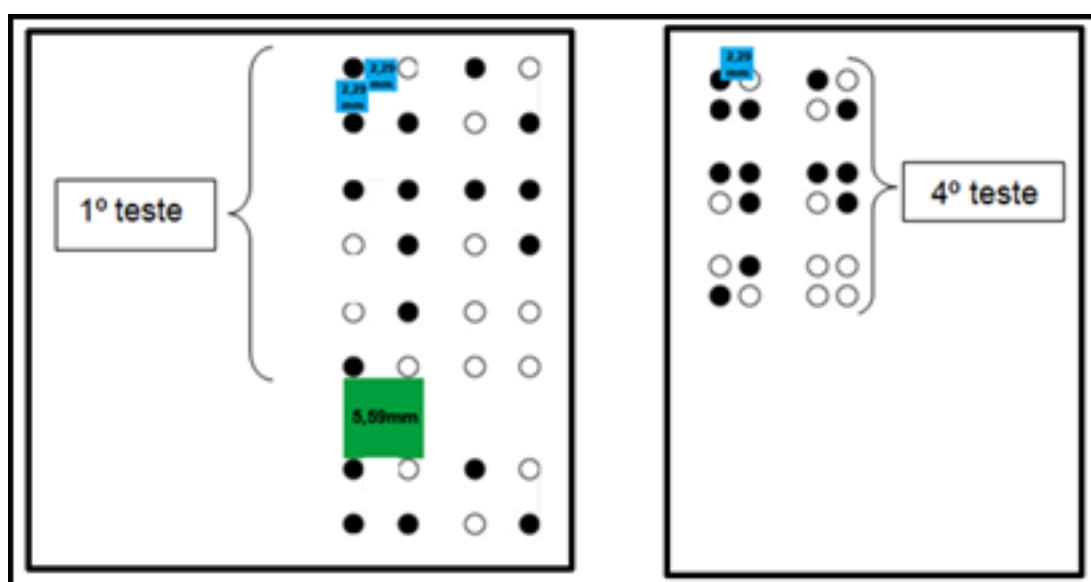
- Ele preferiu as distâncias separadas entre as células do 1º e do 4º teste referentes ao volume e figura musical. Para ele, cada célula deve manter a mesma distância entre si na horizontal e na vertical para que seja mais fácil a leitura, como ilustra a Figura 4.5 a seguir.

Figura 4.5 – Células com a mesma distância entre si: 3,12 mm



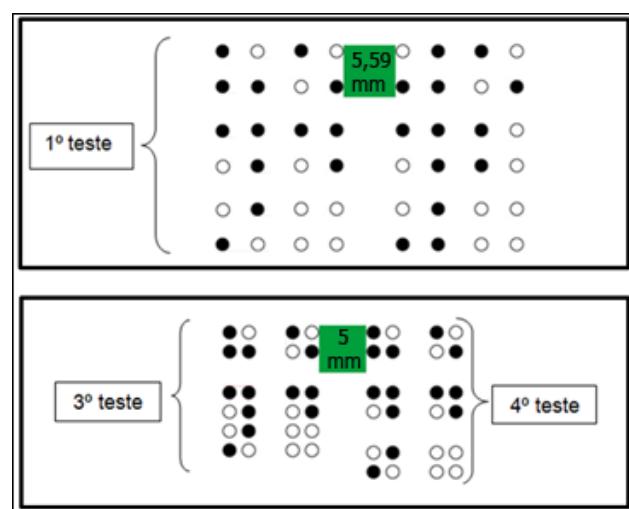
- Os pontos estarem mais juntos ou mais separados, como é mostrado nas duas figuras anteriores (figuras 4.3 e 4.4), não fazem muita diferença para ele pois nos livros antigamente os pontos eram mais separados. Ele se acostumou a ler das duas maneiras. A distância entre as linhas (5,59 mm) também ficou boa para ele. A Figura 4.6 a seguir mostra os pontos com maior e menor distância entre si e a distância entre as linhas de 5,59 mm.

Figura 4.6 – Maior e menor distância entre os pontos da estrutura e distância entre as linhas de 5,59 mm



- As estruturas foram lidas com facilidade e a distância entre elas (de 5,9 mm ou 5 mm) também ficaram boas, conforme pode-se ver na figura 4.7.

Figura 4.7 – Distância entre as estruturas dos testes: 5,9 mm ou 5,0 mm



Conversou-se sobre o trabalho de se estar utilizando o martelo, e tanto eu como o Lucas falamos da possibilidade de se usar a reglete e o punção que ele tinha em casa, apesar de ter sido caro para ele: mais ou menos R\$ 75,00.⁷²

Ao ter contato com a mesa, a reglete e o punção e observar o seu funcionamento, pensei em usar os códigos de 4 células nos primeiros pontos da célula Braille (de 6 pontos).

Lucas concordou com a idéia mesmo que as células ficassem situadas na vertical em três linhas se distanciando mais do que tinha sido cogitado nos testes. Foi pedido que Lucas escrevesse a estrutura do código que havia lido. Errou algumas vezes, mas teve facilidade na compreensão do código formado apenas por números. Chegou-se à conclusão que não só os acompanhantes poderiam escrever para ele, como também ele poderia escrever suas próprias composições futuramente.

Os acompanhantes e o colaborador Lucas ofereceram que eu levasse comigo um dos conjuntos de mesa, reglete e punção e também papel de 120 gramas pois ele tinha dois conjuntos em casa. Seria mais fácil terminar os exercícios. A recomendação é que eu deveria escrever ao contrário, o que foi feito imprimindo os exercícios ao inverso.

Lucas chegou à conclusão que não seria preciso que eu me preocupasse com o distanciamento entre as células, linhas, pontos e estruturas desde que fossem usadas a mesa, a reglete e o punção. As medidas neste material já estão exatas e quando ele leu o código que ele mesmo perfurou, sentiu que estava adequado para a leitura, sem nenhuma dificuldade. Fez uma observação: o código escrito neste material ficaria com o mesmo tamanho e distanciamento dos livros atuais.

4.1.2 Etapa 2: Notas musicais e pausa - 2º Dia: 17/09/2012

Objetivo: A Etapa 2 tem como objetivo apresentar o conceito de notas musicais e suas codificações na Musicografia Lima, seguindo uma sequência de aprendizados teóricos musicais, exercícios de fixação e aprendizado gradativo dos conceitos da Musicografia Lima.

4.1.2.1 Teoria musical 1

⁷² O Estado deveria ter fornecido a reglete e a punção para Lucas mas isso nunca aconteceu. Dessa forma os pais adquiriram com meios próprios pela INTERNET. Por saber do preço, usei o martelo e o prego como meio mais acessível para a escrita dos códigos.

- O piano ou teclado possui várias teclas responsáveis pela emissão do som. Cada uma dessas teclas representa uma nota musical.
- Tocando em sequência no teclado pode-se sentir teclas mais baixas (teclas brancas) e teclas mais altas (teclas pretas).

4.1.2.2 Exercício 1

1. Tocar com a mão direita no teclado sentindo as notas mais altas e mais baixas.
2. A partir do Dó Central do piano (Dó5) tocar as notas baixas em sequência ascendente até o Dó seguinte (Dó 6), conforme mostra a Figura 4.8.

Figura 4.8 - Movimento ascendente -> Dó5 a Dó6



3. A partir do Dó 6, tocar as notas baixas em sequência descendente até o Dó Central do piano (Dó5), conforme figura 4.9.

Figura 4.9 - Movimento Descendente -> Dó6 a Dó5



4. Tocar com a mão direita no teclado todas as notas (baixas e altas) a partir do Dó Central do piano (Dó5) em sequência ascendente até o Dó seguinte (Dó 6), e logo depois em sequência descendente do Dó 6 até o Dó Central do piano (Dó5).

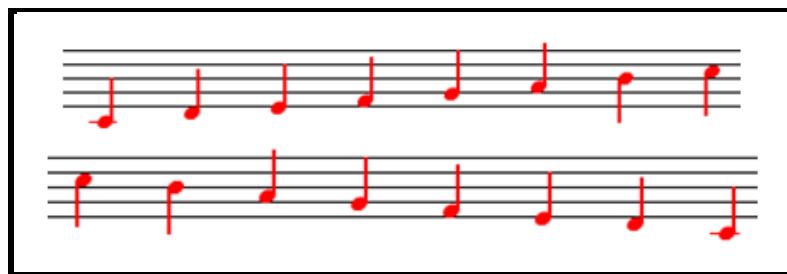
4.1.2.3 Teoria musical 2

Os sons das notas musicais podem ser graves (grossos) ou agudos (finos).

4.1.2.4 Exercício 2

1. Tocar novamente com a mão direita no teclado todas as notas baixas a partir do Dó Central do piano (Dó5) em sequência ascendente até o Dó seguinte (Dó 6), e logo depois em sequência descendente do Dó 6 até o Dó Central do piano (Dó5), sentindo a altura das notas aumentando (ficando agudas) e depois diminuindo (ficando graves) de acordo com a Figura 4.10.

Figura 4.10- Movimento Ascendente e Descendente -> Dó5 a Dó6 e Dó6 a Dó5



4.1.2.5 Teoria musical 3

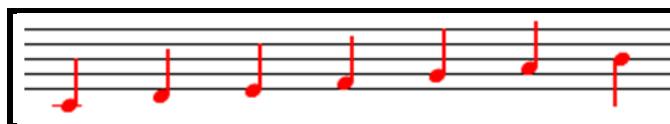
As notas musicais têm nome. Ao tocar as teclas baixas, as notas são as seguintes obedecendo uma sequência:

Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, e Si.

4.1.2.6 Exercício 3

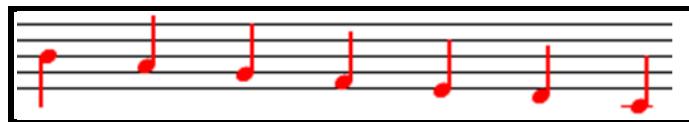
1. Tocar com a mão direita no teclado, as notas baixas, em sequência, movimento ascendente no teclado (dó5, ré5, mi5, fá5, sol5, lá5, si), dizendo seus nomes: Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, e Si conforme Figura 4.11.

Figura 4.11 – Nome das notas em sequência ascendente Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, e Si



2. Tocar com a mão direita no teclado , as notas baixas, em sequência, movimento descendente no teclado (si5, lá5, sol5, fá5, mi5, ré5, dó5), dizendo seus nomes: Si, Lá, Sol, Fá, Mi, Ré Dó.

Figura 4.12 – Nome das notas em sequência descendente: Si, Lá, Sol, Fá, Mi, Ré Dó



4.1.2.7 Teoria musical 4

Como o aluno já deve ter percebido, as notas altas ainda não têm nome. O nome dessas notas é o nome da nota baixa acrescida da palavra sustenido ou bemol.

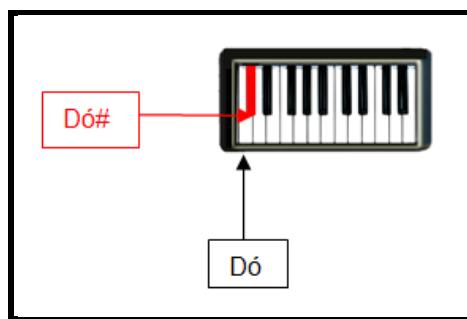
Exemplo 1: Se a nota tocada for a nota dó, a nota alta que vem logo depois na sequência ascendente, é a nota dó#(dó sustenido).

Exemplo 2: Se a nota tocada for a nota Ré, a nota alta que vem antes dela na sequência descendente, é a nota Réb (Ré bemol).

4.1.2.8 Exercício 4

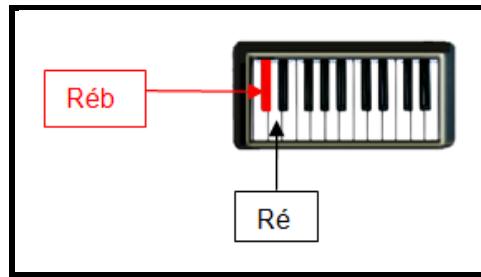
1. Tocar a nota baixa dó (dó central do piano), falando o seu nome, e logo depois a nota alta que vem logo após: Dó, Dó#(dó sustenido) como é mostrado na Figura 4.13.

Figura 4.13 – Notas Dó e Dó# tocadas na sequência



2. Tocar a nota baixa Ré falando o seu nome, e logo depois a nota alta que vem antes do Ré: Ré, Réb(Ré bemol) conforme Figura 4.14.

Figura 4.14 – Nota Ré e Réb tocadas na sequência



4.1.2.9 Teoria musical 5

Como o aluno já deve ter percebido, o som é o mesmo, sendo que a nota só muda de nome. Se ela estiver subindo na altura, é acrescentado a ela o sustenido. Se ela estiver descendo na altura, é acrescentado a ela o bemol.

Isso vale para todas as notas musicais.

Se o aluno estiver subindo na sequência os nomes serão:

Dó, Dó#, Ré, Ré#, Mi, Fá, Fá#, Sol, Sol#, Lá, Lá#, Si.

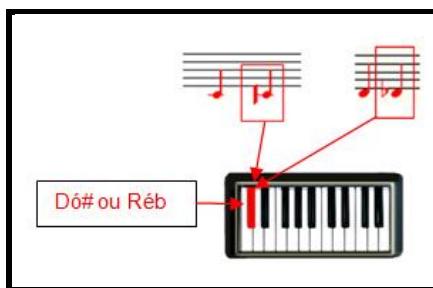
Se o aluno estiver descendo na sequência os nomes serão:

Si, Sib, Lá, Láb, Sol, Solb, Fá, Mi, Mib, Ré, Réb, Dó.

4.1.2.10 Exercício 5

1. Tocar a nota baixa dó e em seguida a nota alta Dó#. Tocar a nota baixa Ré e logo em seguida a nota alta que vem antes do Ré: Réb (Ré bemol) de acordo com a Figura 4.15.

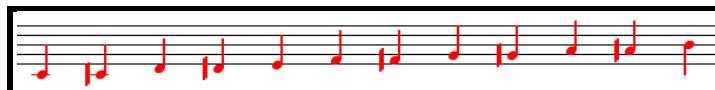
Figura 4.15 - Nota Dó e Dó# e Ré e Réb tocadas na sequência



2. Tocar todas as notas baixas e altas, em sequência ascendente de uma a uma dizendo seus nomes: Dó, Dó#, Ré, Ré#, Mi, Fá, Fá#, Sol, Sol#, Lá, Lá#, Si.

Posicionar o dedo polegar na nota dó (dó central do piano-Dó5), o indicador na nota dó#, o dedo médio na nota Ré....até tocar todas as notas até o Si5 em movimento ascendente, conforme Figura 4.16.

Figura 4.16 – Notas baixas e altas tocadas em sequência ascendente



3. Tocar com a mão direita no teclado, todas as notas baixas e altas, em sequência descendente de uma a uma dizendo seus nomes (do Si5 ao Dó5): Si, Sib, Lá, Láb, Sol, Solb, Fá, Mi, Mib, Ré, Réb, Dó de acordo com a Figura 4.17.

Figura 4.17 – Notas baixas e altas em sequência descendente



4.1.2.11 Teoria do Código Lima 1

A leitura musical para deficientes visuais nesse código é simples pois se baseia em princípios simples da Numerofonia e não da partitura musical tradicional que é bastante complexa, precisando para ler uma partitura apenas de alguns conceitos musicais como: Nome da nota musical, Oitava musical, Figura Musical e Volume da nota (Intensidade). Como na Numerofonia são usados números, a idéia foi também de usá-los pois todos os deficientes visuais que lêem o Braille conhecem os números em Braille.

O deficiente visual no Código Lima precisa aprender apenas 6 códigos pois os outros 10 códigos são os códigos de números de 0 a 9 da Codificação Braille.

As Células Lima têm 4 pontos obedecendo uma estrutura que ao decorrer dos exercícios o aluno vai se familiarizando com ela.

Começaremos pela estrutura das Notas Musicais e Pausa.

- **Notas Musicais:**

O Código das notas musicais e da pausa são representados em células de 4 pontos: As notas musicais (de dó a lá) obedecem a numeração de 0 a 9 – Braille .

As células restantes: (Lá# ou Sib), Si e Pausa são mais 3 códigos para se decorar. Observe A tabela 4.2 ilustra a Codificação Lima para notas musicais e pausa.

Tabela 4.2 – Codificação Lima para Notas Musicais e Pausa

Notas Musicais												
C (Dó)	C# ou Db (Dó# ou Réb)	D (Ré)	D# ou Eb (Ré# ou Mib)	E (Mi)	F (Fá)	F# ou Gb (Fá# ou Solb)	G (Sol)	G# ou Ab (Sol# ou Láb)	A (Lá)	A# ou Bb (Lá# ou Sib)	B (Si)	Pausa
●○ ○○	●○ ○○	●● ○○	●● ○●	●○ ○●	●● ○○	●● ●●	●○ ●●	○● ●○	○● ●●	○● ○○	○○ ○●	○○

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

4.1.2.12 Exercício 6

1. Com a mão esquerda no papel, sentir taticamente (ler) todas as células com as notas musicais ouvidas anteriormente: Dó (Dó Central), Dó#, Ré, Ré#, Mi, Fá, Fá#, Sol, Sol#, Lá, Lá#, Si.

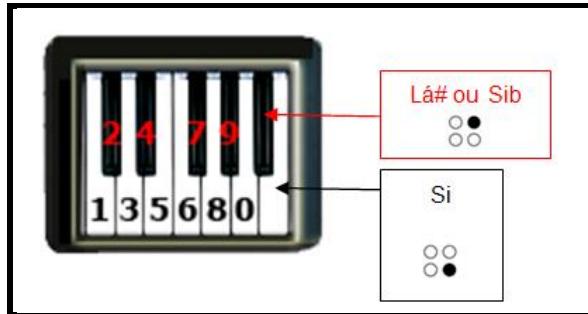
Ler em movimento ascendente dizendo o nome das notas. Fazer a associação das notas de dó a lá com os números em Braille (de 1 a 0) como mostra a Figura 4.18.

Figura 4.18 – Associação das notas de dó a lá com os números em Braille (de 1 a 0)

●○ ○○	●○ ○○	●● ○○	●● ○●	●○ ○●	●● ○○	●● ●●	●○ ●●	○● ●○	○● ●●	○● ○○	○○ ○●	○○
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Dó	Dó#	Ré	Ré#	Mi	Fá	Fá#	Sol	Sol#	Lá	Lá#	Si	
↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0			

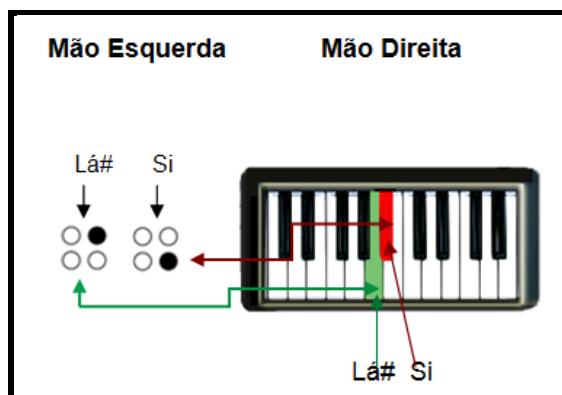
Obs: Como pode ser conferido na leitura tática do código e no teclado a seguir, no caso das notas musicais é preciso aprender apenas dois códigos (códigos que não são numéricos) que é o das notas (Lá# ou Sib) e Si como é exemplificado na Figura 4.19 a seguir.

Figura 4.19 – Códigos que não são numéricos: códigos das notas Lá# ou Sib e Si



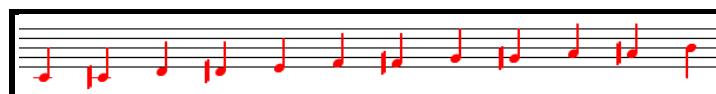
2. Tatear (ler) com a mão esquerda os códigos novos: (Lá#) e (Si), tocando no teclado , ao mesmo tempo, com a mão direita as notas (Lá# e Si), conforme Figura 4.20.

Figura 4.20 – Leitura e execução no teclado dos Códigos novos (Lá# e Si)



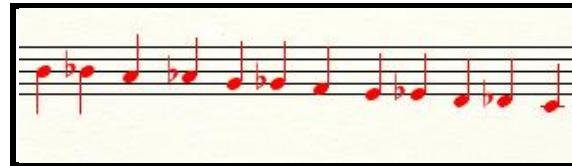
3. Tatear (ler) com a mão esquerda todos os códigos das notas em sequência ascendente (do Dó central a Si) tocando, ao mesmo tempo no teclado, com a mão direita as mesmas notas de acordo com a Figura 4.21.

Figura 4.21 – Leitura dos códigos Lima para notas e execução simultânea no teclado das notas (do Dó central ao Si) em sequência ascendente



4. Tatear (ler) com a mão esquerda todos códigos das notas em sequência descendente (do Si6 ao Dó central) tocando , ao mesmo tempo no teclado, com a mão direita as mesmas notas conforme Figura 4.22.

Figura 4.21 – Leitura dos códigos Lima para notas e execução simultânea no teclado das notas (do Si6 ao Dó central) em sequência descendente



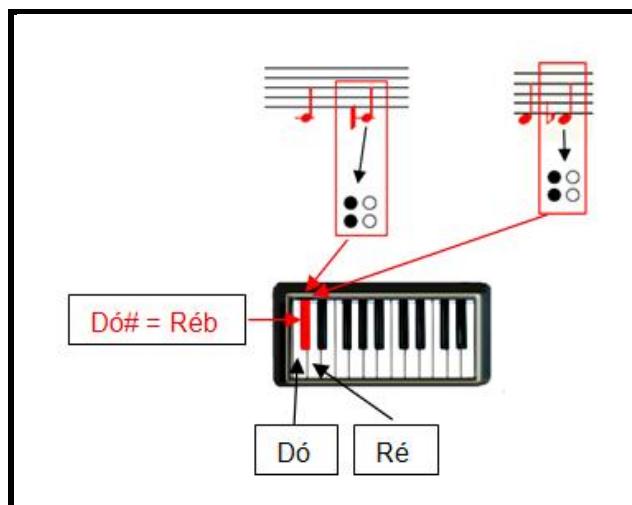
4.1.2.13 Teoria do Código Lima 2

O código de leitura da célula de notas é o mesmo para sustenidos e bemóis. Da mesma forma que o som é o mesmo, a célula também é a mesma tanto fazendo chamar a célula de Dó# ou Réb, por exemplo.

4.1.2.14 Exercício 7

1. Ler e tocar, ao mesmo tempo, nota a nota, em sequência ascendente, o Dó (Dó Central) e o Dó# e logo depois, o Ré e o Réb, em sequência descendente. Notar que a mesma tecla (nota) alta que está entre as notas baixas Dó e Ré, tem o mesmo código e o mesmo som ($\text{dó\#} = \text{Réb} = \bullet\circ$). Essa execução e leitura é ilustrada na Figura 4.22.

Figura 4.22 – Leitura e execução simultânea das notas Dó e Dó# em sequência ascendente e Ré e Réb em sequência descendente



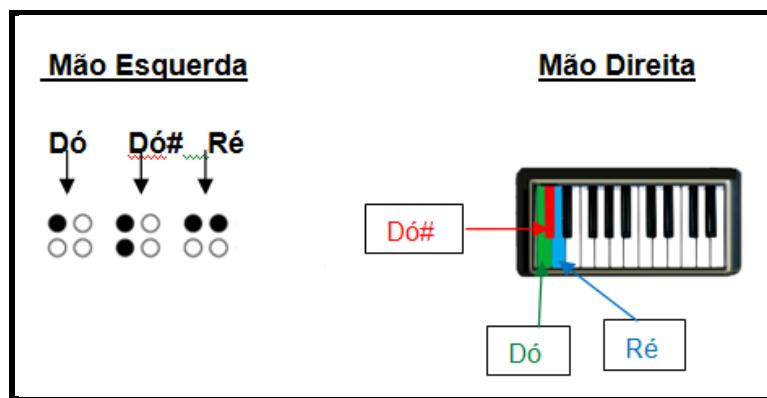
4.1.2.15 Teoria do Código Lima 3

Como visto no exercício anterior, as notas têm o mesmo som e a mesma célula de leitura. Dessa forma, convencionaremos chamá-las pelos nomes em sustenido para facilitar a leitura das mesmas: Dó, Dó#, Ré, Ré#, Mi, Fá, Fá#, Sol, Sol#, Lá, Lá#, Si.

4.1.2.16 Exercício 8

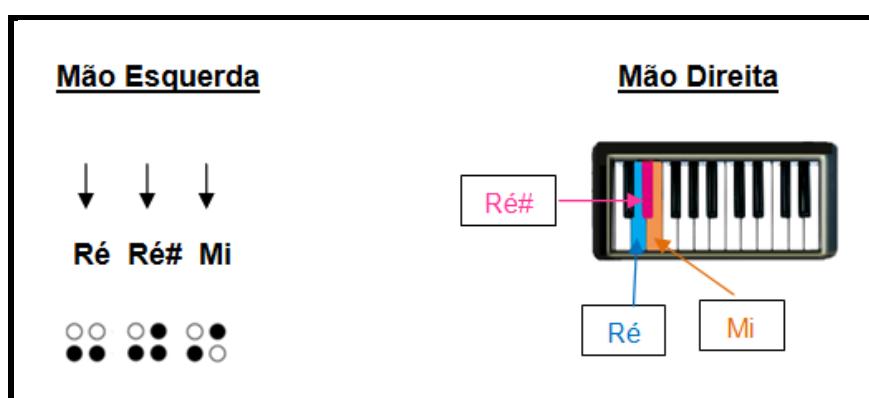
1. Sentir taticamente com a mão esquerda no papel, uma a uma, as células da nota dó, dó# e ré, tocando também simultaneamente e uma a uma, as notas dó, dó# e ré com a mão direita no teclado conforme é ilustrado na Figura 4.23.

Figura 4.23 - Leitura (com a mão esquerda) e execução simultânea no teclado (com a mão direita) das notas Dó, Dó# e Ré



2. Sentir taticamente com a mão esquerda no papel, uma a uma, as células da nota ré, ré# e mi, tocando também simultaneamente e uma a uma, as notas ré, ré# e mi com a mão direita no teclado conforme Figura 4.24.

Figura 4.24 - Leitura (com a mão esquerda) e execução simultânea no teclado (com a mão direita) das notas Dó, Dó# e Ré



3. Sentir tatinamente (ler) com a mão esquerda no papel, uma a uma, as células das notas Fá, Fá#, Sol, tocando também simultaneamente e uma a uma, as notas Fá, Fá#, Sol com a mão direita no teclado.

4. Sentir tatinamente (ler) com a mão esquerda no papel, uma a uma, as células da nota Sol, Sol#, Lá, tocando também simultaneamente e uma a uma, as notas Sol, Sol#, Lá com a mão direita no teclado.

5. Sentir tatinamente (ler) com a mão esquerda no papel, uma a uma, as células da nota Lá, Lá#, Si, tocando também simultaneamente e uma a uma, as notas Lá, Lá#, Si com a mão direita no teclado.

4.1.2.17 Teoria do Código Lima 4

A pausa é o símbolo de silêncio na música. Quando tocamos, entre as notas ou antes delas pode haver um instante de silêncio. A ele chamamos pausa e o código dele na Codificação

Lima para leitura é esse: 

4.1.2.18 Exercício 9

1. Sentir tatinamente (ler) com a mão esquerda no papel, o símbolo da pausa: .

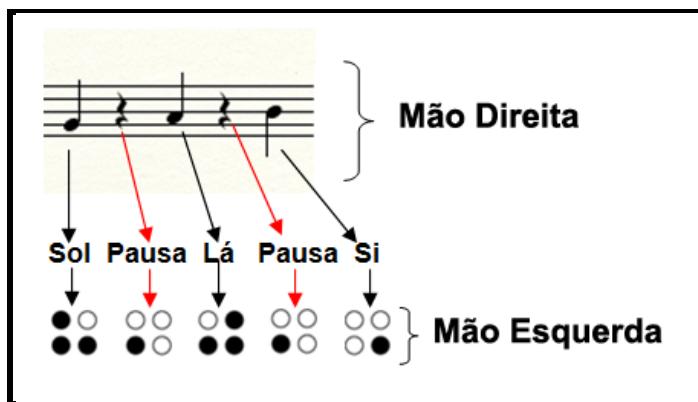
2. Tocar a pausa da seguinte forma: tocar no teclado a nota Sol, tirar o dedo da tecla durante um tempo, e tocar a nota Lá.

3. Sentir tatinamente (ler) com a mão esquerda no papel, uma a uma, as células correspondentes ao Sol, Pausa, Lá, Pausa, Si, tocando também simultaneamente e uma a uma, as notas e pausas Sol, Pausa, Lá, Pausa, Si com a mão direita no teclado, sempre tirando o dedo das teclas durante a leitura do código da pausa.

Observar que entre cada nota tocada haverá um silêncio (nota não tocada) que é a pausa⁷³ conforme Figura 4.25.

⁷³ A pausa foi confundida por Lucas (ao ser lida e tocada) pela nota Si. Pensou-se ser por causa do código se parecer com a célula da nota si ou pela célula da pausa não estar acompanhada da estrutura nota-oitava.

Figura 4.25 - Leitura (com a mão esquerda) e execução simultânea no teclado (com a mão direita) das notas intercaladas da pausa: Sol, Pausa, Lá, Pausa, Si



Observações após aplicação da Etapa 2:

- O roteiro foi elaborado com antecedência, com várias etapas para a aplicação do Código Lima com cegos sendo todas elas seguidas de noções de teoria musical pois geralmente o cego toca de “ouvido” ou por imitação auditiva.
- Depois da 1^a visita ao Lucas e sua família, apenas foi mudado o modo de perfuração dos códigos e para que Lucas pudesse seguir os exercícios, os títulos, número das etapas e número dos exercícios foram escritos em Braille.⁷⁴
- Nesse dia, foi relembrada a estrutura do Código Lima e deu-se uma explanada na teoria sobre notas, oitavas, figuras e volumes seguindo a ferramenta de Memorização do Raio do Conhecimento de Aprendizado 2ⁿ (LIMA et al, 2013).
- Foi cumprida a Etapa 2: Notas Musicais e Pausa - do roteiro com exercícios. No exercício 3 do item 4.1.2.18, a célula da pausa foi confundida com a nota Si. Ficou a dúvida se o código da pausa seria mudado ou se ele não foi devidamente interpretado por causa da falta da estrutura nota-oitava.
- Ao final dos exercícios Lucas já havia decorado todas as 12 notas musicais.
- Meu orientador sugeriu que a pausa fosse alterada para outro código e que a célula da nota fosse sempre acompanhada da célula da oitava.

4.1.3 Etapa 3: Oitavas musicais – 3º Dia: 18/09/2012

⁷⁴ Para escrever em Braille foi utilizado o software Braille Fácil.

Objetivo: A Etapa 3 tem como objetivo apresentar o conceito de oitavas musicais e suas codificações na Musicografia Lima. Para que os conceitos sejam fixados, bem como para que se possa avaliar e validar a codificação, exercícios progressivos são propostos, conforme a seguir. A partir das oitavas, a estrutura da Musicografia Lima é inserida nos exercícios, inicialmente com a leitura apenas na primeira linha da mesma.

4.1.3.1 Teoria Musical 6

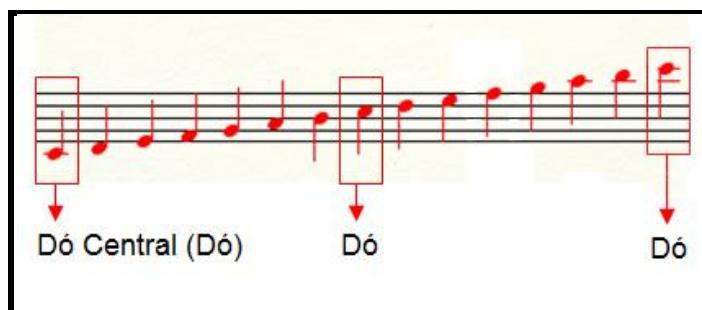
Como foi visto ao longo dos exercícios, os sons das notas musicais podem ser mais graves ou mais agudos. O que ainda não foi mostrado é que esses sons se repetem em regiões mais graves e mais agudas. Como exemplo, a nota Dó tem um determinado som em uma região. Esse som (da nota Dó) se repete em outra região mudando a sua altura para mais grave ou mais aguda.

4.1.3.2 Exercício 10

1. A partir do Dó Central do piano, tocar as notas baixas, dizendo os seus nomes, em sequência ascendente até o Dó seguinte. Continuar tocando e dizendo o nome das notas em sequência ascendente até o próximo Dó.

Notar que nas sequências ascendentes as mesmas notas se repetem em regiões mais agudas conforme Figura 4.26.

Figura 4.26 – Sequência ascendente: notas que se repetem em regiões mais agudas
(Exemplo: nota Dó)



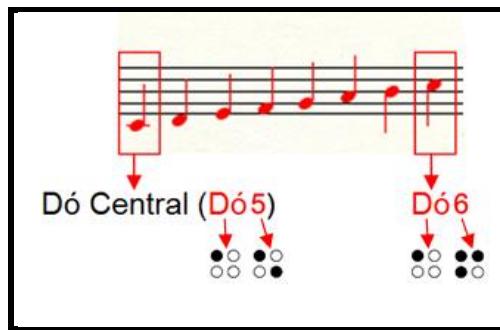
2. Ler e tocar ao mesmo tempo a nota Dó (Dó central do piano), e em movimento ascendente ler e tocar o Dó seguinte.

Ao fazer isso observa-se que o som do Dó muda de mais grave para mais agudo⁷⁵. A célula de leitura da nota é acompanhada da célula da oitava musical que indica a altura da nota:

- a célula do Dó Central (Dó5) é acompanhada da célula da 5ª oitava a mesma
- a célula do próximo Dó (Dó6) é acompanhada da célula da 6ª oitava a mesma

Esse exercício pode ser visualizado na Figura 4.27.

Figura 4.27 – Leitura execução simultânea no teclado do Dó5 (mais grave) e Dó6 (mais agudo)



4.1.3.3 Teoria do Código Lima 5

Para que seja diferenciada a nota em suas diversas alturas (graves e agudas) no instrumento musical é preciso que seja acrescentada à mesma nota um número. Esse número é mudado de acordo com a região (mais aguda ou mais grave) em que ele se encontra no teclado. Essa região é chamada de oitava.

A região da oitava possui 7 notas (Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si) ou 12 notas (Dó, Dó#, Ré, Ré#, Mi, Fá, Fá#, Sol, Sol#, Lá, Lá#, Si). A nota seguinte, na sequência de 7 ou 12 notas, é a nota Dó que já pertence à próxima oitava.

Existem várias oitavas, da oitava 0 (zero) à 9ª oitava (Oitava 9). É acrescentado às notas da região de cada oitava, o número correspondente a ela.

Exemplo: Dó da 5ª oitava – Representação: Dó5.

As células de leitura correspondentes às oitavas seguem o mesmo procedimento das notas musicais, porém obedecem completamente a numeração Braille de 0 a 9, conforme Figura 4.28.

⁷⁵ Esse exercício foi modificado no decorrer da aplicação do Código Lima por sugestão do colaborador cego: Lucas. Primeiramente seria demonstrada a nota e depois a oitava. Ele sentiu nesse momento a necessidade da leitura da estrutura nota-oitava. Todos os exercícios seguintes passaram a ter a estrutura do Código Lima à medida que foram sendo inseridos novos itens que fazem parte da estrutura, como figura e, logo após, o volume. O Roteiro, dessa forma, foi modificado juntamente com sua aplicação.

Figura 4.28 – Oitavas Musicais e sua correspondência com a numeração Braille de 0 a 9

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

4.1.3.4 Exercício 11

1. Sentir taticamente com a mão esquerda no papel, conforme Tabela 4.3, as células correspondentes às oitavas musicais:

Tabela 4.3 – Células Lima correspondentes às Oitavas Musicais

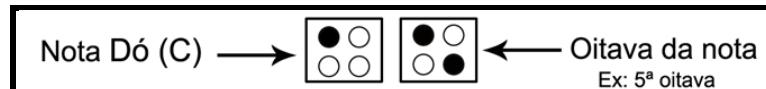
Oitavas Musicais									
0	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a	9 ^a

4.1.3.5 Teoria do Código Lima 6

Como já foi dito, as notas para serem diferenciadas precisam dos números das oitavas acrescentados a elas. Exemplo: A oitava que parte da nota Dó (Dó Central) é a 5^a oitava, tendo as notas dessa região acrescentadas a elas o número 5.

No código de leitura Lima, a célula da nota vem acrescentada pela célula da oitava, ficando a estrutura da seguinte forma como segue o exemplo da nota Dó5 na figura 4.29.

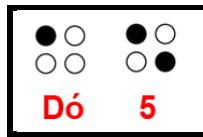
Figura 4.29 – Estrutura nota-oitava na Codificação Lima: nota Dó5



4.1.3.6 Exercício 12

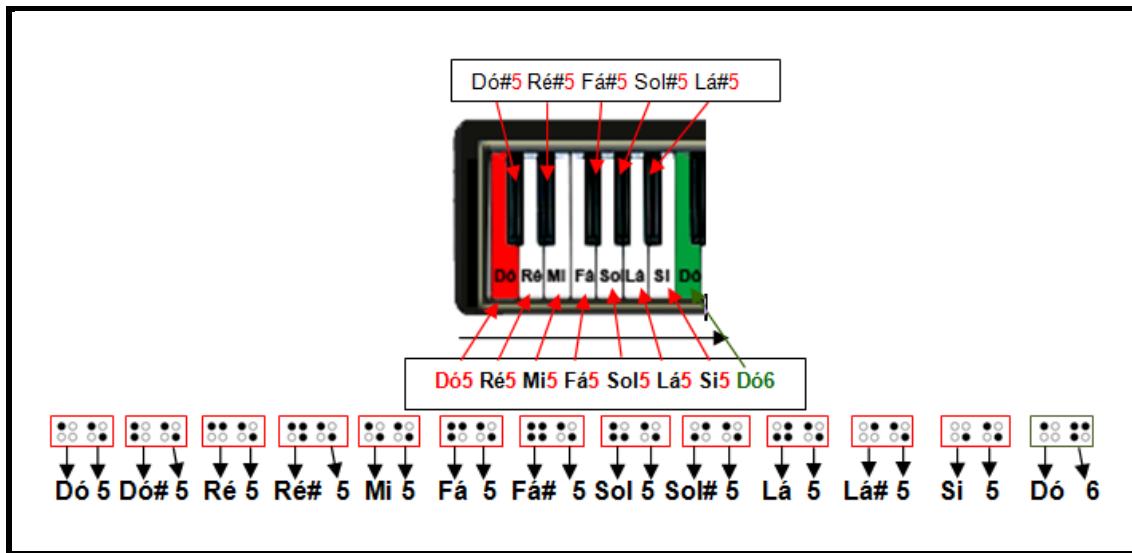
1. Ler e tocar ao mesmo tempo a estrutura da nota Dó da 5^a oitava: Dó5, conforme Figura 4.30.

Figura 4.30 – Leitura e execução da estrutura Dó5 no Código Lima



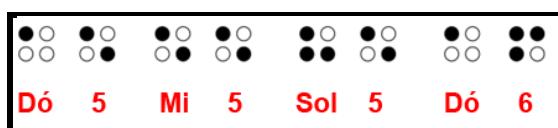
2. Ler e tocar ao mesmo tempo, conforme Figura 4.31, as notas da oitava partindo do Dó central (Dó5) até o próximo Dó (Dó6) da próxima oitava, em movimento ascendente.

Figura 4.31 – Leitura e execução da estrutura as notas da oitava partindo do Dó central (Dó5) até o próximo Dó (Dó6) da próxima oitava, em movimento ascendente



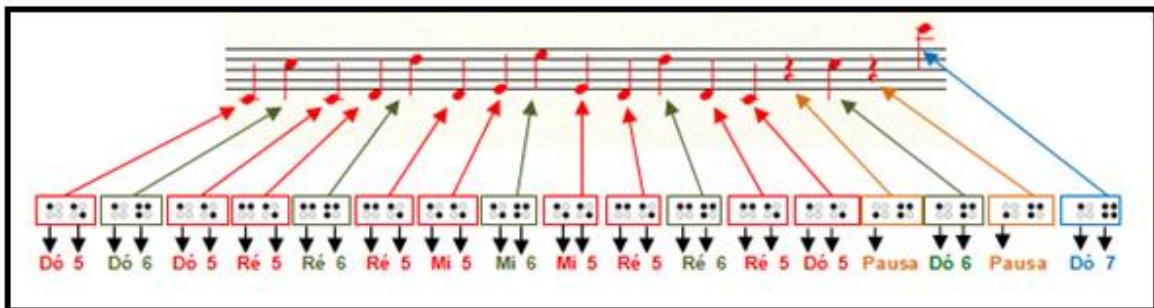
3. Sentir taticamente (ler) com a mão esquerda no papel as células correspondente às notas e oitavas musicais, tocando ao mesmo tempo no teclado com a mão direita. As notas são: Dó5, Mi5, Sol5 e Dó6, como é mostrado na Figura 4.32.

Figura 4.32 – Leitura e execução no teclado dos Códigos Lima das notas com suas oitavas: Dó5, Mi5, Sol5, e Dó6



4. Sentir taticamente (ler) com a mão esquerda no papel as células correspondente às notas, pausas e oitavas musicais, tocando ao mesmo tempo no teclado com a mão direita, conforme Figura 4.33. As notas, pausas e oitavas são: Dó5, Dó6, Dó5, Ré5, Ré6, Ré5, Mi5, Mi6, Mi5, Ré5, Ré6, Ré5, Dó5, Pausa, Dó6, Pausa, Dó7.

Figura 4.33 – Leitura e execução no teclado dos Códigos Lima das notas com suas oitavas: Dó5, Mi5, Sol5, e Dó6



Obs: Tanto faz a célula da oitava que estiver acompanhando a célula da pausa⁷⁶ pois, como foi visto, a pausa é a ausência de som, não pertencendo, dessa forma, a nenhuma oitava. A célula da oitava existe neste caso, para manter a estrutura: **[nota] [oitava]**.

Observações após aplicação da Etapa 3:

- No exercício 1 do item 4.1.3.4, foi necessário fazer uma alteração pois Lucas se confundiu quando apresentei apenas as células correspondentes às oitavas musicais.

Foi necessária a explicação que as células de 0 a 9 apresentadas eram apenas uma tabela de números que representavam a oitava.

Obs: Esse exercício teve que ser alterado para uma tabela apresentando o código de oitavas.

- Foi necessário continuar os outros exercícios com a estrutura nota-oitava.

- Ao ler o exercício 4 do item 4.1.3.6, a pausa novamente foi confundida com a nota si, mesmo na estrutura nota-oitava. O exercício 3 do item 4.1.2.18, que havia sido refeito com a estrutura nota-oitava, também foi novamente testado e a pausa foi novamente confundida com a nota si.

Sugestões: Ficou decidido por mim e pelo Lucas a alteração do código da célula da pausa (como meu orientador já havia sugerido). Lucas sugeriu dois códigos: o 14º ou o 15º da Tabela do Código Lima. Foi decidido optar pelo 15º e testá-lo em um outro exercício.

⁷⁶ Ao fazer o exercício, sentiu-se, por parte do Lucas, a necessidade de modificar o código da célula da pausa pois, mais uma vez, ela foi confundida com a nota si. A sugestão foi mudar a célula para o 15º ou 14º código da Tabela Lima: $\textcircled{8}\textcircled{8}$ ou $\textcircled{9}\textcircled{9}$.

4.1.4 Etapa 4: Figuras musicais - Duração – 3º Dia: 18/09/2012

Objetivo: A Etapa 4 tem como objetivo apresentar o conceito de figuras musicais e suas codificações na Musicografia Lima.

4.1.4.1 Teoria do Código Lima 6

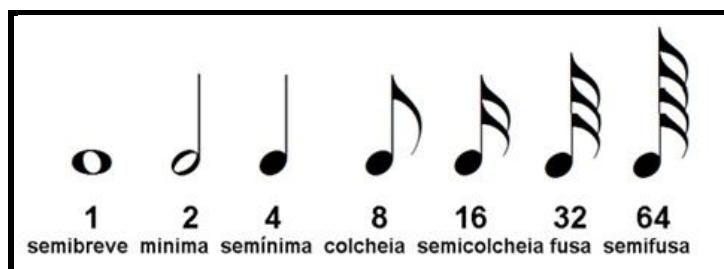
Cada nota, além de possuir uma altura (oitava) também possui uma duração. Essa duração determina se o som da nota será mais breve ou mais longo no decorrer da música.

A duração do som é representada por figuras musicais.

As figuras musicais possuem um nome e uma numeração para cada uma delas que corresponde ao dobro uma da outra sendo que as mais usadas são as de nº. 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64. A semibreve é representada pelo nº 1; a mínima pelo nº 2, a semínima pelo nº 4, a colcheia pelo nº 8, a semicolcheia pelo nº 16, a fusa pelo nº 32 e a semifusa pelo nº 64.

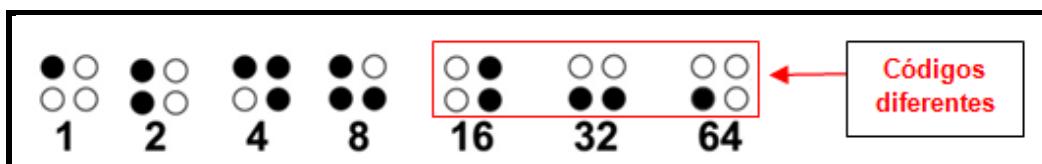
As figuras musicais, seus nomes e seus números correspondentes são representadas na Figura 4.34.

Figura 4.34 – Figuras musicais, seus nomes e números correspondentes



Conforme é mostrado na Figura 4.35, o Código Lima, na sequência da semibreve, mínima, semínima e colcheia, obedece a numeração Braille 1, 2, 4 e 8 para cada figura. A semicolcheia, a fusa e a semifusa possuem três códigos diferentes.

Figura 4.35 – Código Lima para Figuras Musicais: as 4 figuras iniciais obedecem a numeração Braille

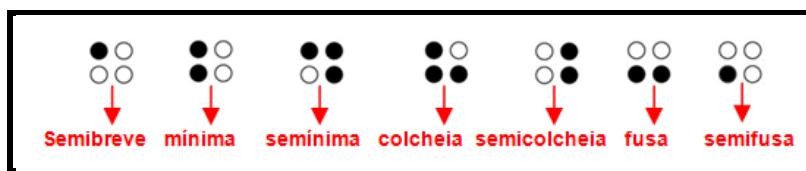


4.1.4.2 Exercício 13

Essa sequência de exercícios iniciais tem como objetivo o conhecimento das figuras musicais.

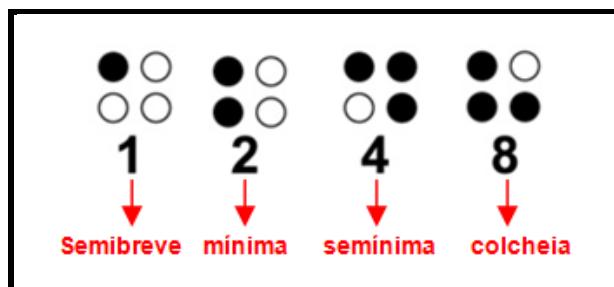
1. Sentir taticamente (ler) com a mão esquerda os códigos das figuras musicais mais utilizadas dizendo seus respectivos nomes, como mostra a Figura 4.36.

Figura 4.36 – Leitura dos códigos das figuras musicais com a mão esquerda



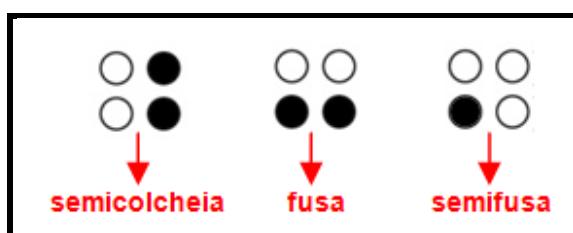
2. Sentir taticamente com a mão esquerda os códigos das figuras musicais que obedecem à numeração Braille 1, 2, 4, 8: semibreve (1), mínima (2), semínima (4), colcheia(8), de acordo com a Figura 4.37.

Figura 4.37 – Leitura dos códigos das figuras musicais que obedecem à numeração Braille: semibreve (1), mínima (2), semínima (4), colcheia(8)



3. Sentir taticamente com a mão esquerda os códigos das figuras musicais que não obedecem à numeração Braille: a semicolcheia, a fusa e a semifusa, conforme mostra a Figura 4.38.

Figura 4.38 – Leitura dos códigos das figuras musicais que não obedecem à numeração Braille: semicolcheia, fusa, semifusa



4.1.4.3 Teoria Musical 7

- **Figuras Musicais**

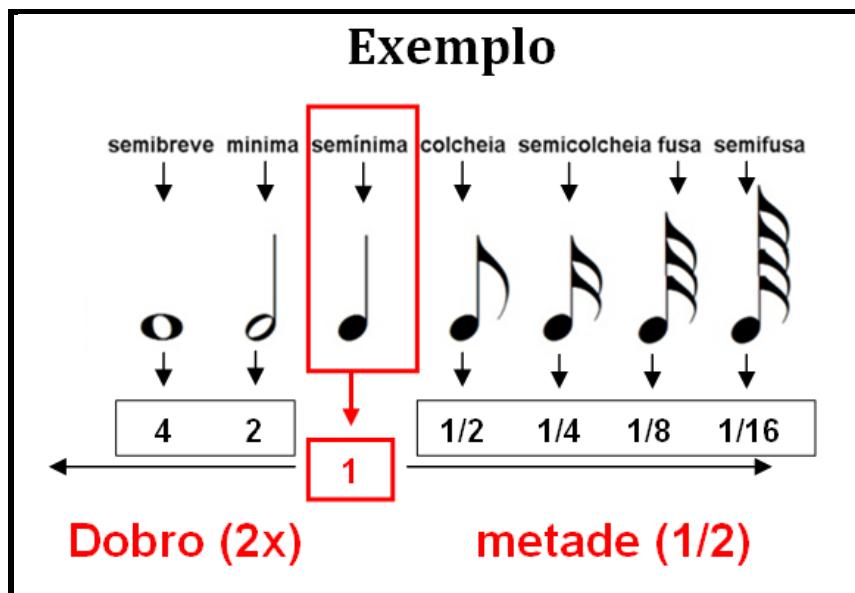
Como foi dito anteriormente, a duração do som é representada pelas figuras musicais.

A figura musical é responsável pela duração da nota na música. Essa duração pode ser de:
1 tempo, 2 tempos, 3 tempos, 4 tempos, etc...

Seguindo a sequência, as figuras são: semibreve, mínima, semínima, colcheia, semicolcheia, fusa, semifusa, sendo que a figura que geralmente possui o valor de 1 tempo (uma pulsação) na música é a semínima.

Na sequência, as figuras que antecedem a semínima, no caso a semibreve e a mínima, valem cada uma o dobro da outra: a mínima vale o dobro da semínima e a semibreve vale o dobro da mínima. As figuras que vêm logo depois da semínima valem a metade uma da outra: a colcheia vale a metade da semínima, a semicolcheia vale a metade da colcheia, a fusa vale a metade da colcheia e a semifusa vale a metade da fusa, conforme o exemplo da Figura 4.39 a seguir.

Figura 4.39 – Semínima com valor de 1 tempo: figuras que a sucedem valem o dobro uma da outra e as figuras que a sucedem valem a metade uma da outra



• Pontos de aumento e Duplo Ponto de aumento

Ponto de aumento é um ponto que pode ser colocado à direita da figura musical. Quando isso acontece ele aumenta na duração da figura a metade do valor dela.

O Duplo Ponto de aumento é um segundo ponto de aumento colocado à direita da figura musical. O primeiro ponto aumenta $\frac{1}{2}$ do valor da figura e o segundo ponto aumenta metade do valor do primeiro ponto.

Exemplo 1: Ponto de aumento

Se a figura for a mínima e o valor dela é 2 (2 vezes o valor da semínima), o ponto acrescenta a ela a metade de seu valor: a metade de 2 é 1. A figura musical que é a mínima pontuada valerá 3 tempos. Esse exemplo pode ser visualizado na Figura 4.40.

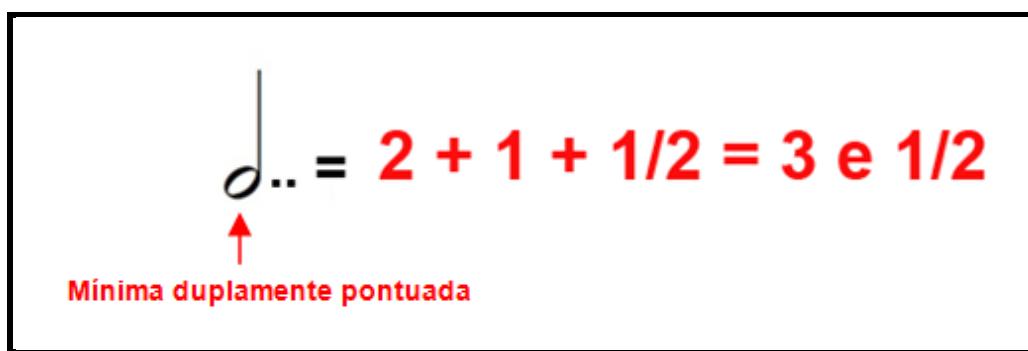
Figura 4.40 – Exemplo 1: Ponto de aumento



Exemplo 2: Duplo Ponto de Aumento

Se a figura for a mínima e o valor dela é 2 (2 vezes o valor da semínima), o primeiro ponto acrescenta a ela a metade de seu valor que é 1, como no exemplo anterior. O segundo ponto acrescenta ao primeiro ponto a metade de seu valor: a metade de 1 é $\frac{1}{2}$. A figura que é a mínima duplamente pontuada valerá então: $2 + 1 + \frac{1}{2} = 3\text{ e }1/2$, conforme mostra a Figura 4.41.

Figura 4.41 - Exemplo 2: Duplo Ponto de Aumento



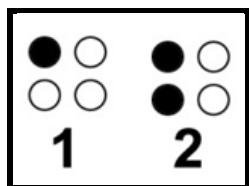
4.1.4.4 Teoria do Código Lima 7

Estrutura total da Figura Musical:

A estrutura completa das figuras musicais possuem 1 célula de 4 pontos , como foi visto e, logo abaixo desta célula, outra célula de 4 pontos que corresponde aos pontos que podem ser acrescentados a cada figura musical (Pontos de aumento) que são em número de dois.

A Codificação Numérica Braille é utilizada no Código Lima para os pontos de aumento, conforme Figura 4.42.

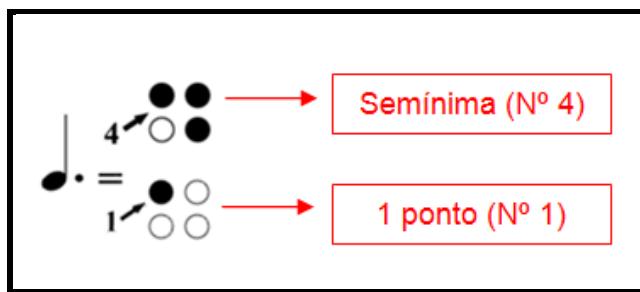
Figura 4.42 – Código Lima para Pontos de Aumento



Exemplo 1: Semínima pontuada (Estrutura).

No exemplo, a semínima é acompanhada de 1 ponto. A célula de cima é o código da semínima que é igual a 4. A célula de baixo é o código correspondente a 1 ponto (numeração Braille de 1 ponto) como é mostrado na Figura 4.43.

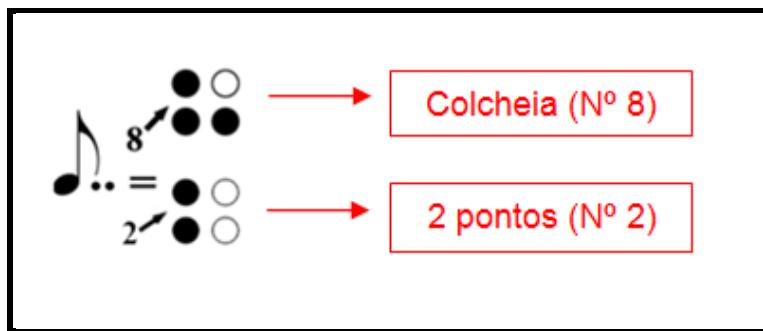
Figura 4.43 – Exemplo 1: Semínima pontuada (Estrutura)



Exemplo 2 : Colcheia duplamente pontuada (Estrutura)

No exemplo, a colcheia é acompanhada de 2 pontos. A célula de cima é o código da colcheia que é igual a 8. A célula de baixo é o código correspondente a 2 pontos (numeração Braille de 2 pontos), como exemplifica a Figura 4.4.

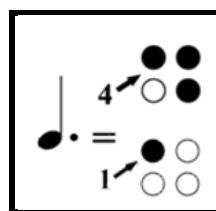
Figura 4.44 – Exemplo 2: Colcheia duplamente pontuada (Estrutura)



4.1.4.5 Exercício 14

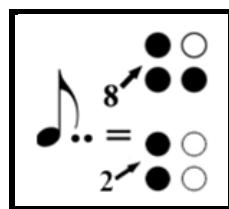
1. Ler a figura da semínima pontuada, Figura 4.45, sentindo primeiramente a figura musical na primeira célula e, depois, logo abaixo, na segunda célula, o ponto acrescentado.

Figura 4.45 – Leitura da figura da Semínima pontuada



2. Ler a figura da colcheia duplamente pontuada, Figura 4.46, sentindo primeiramente a figura musical na primeira célula e, depois, logo abaixo, na segunda célula, os pontos acrescentados.

Figura 4.46 - Leitura da figura da colcheia duplamente pontuada



4.1.4.6 Teoria do Código Lima 8

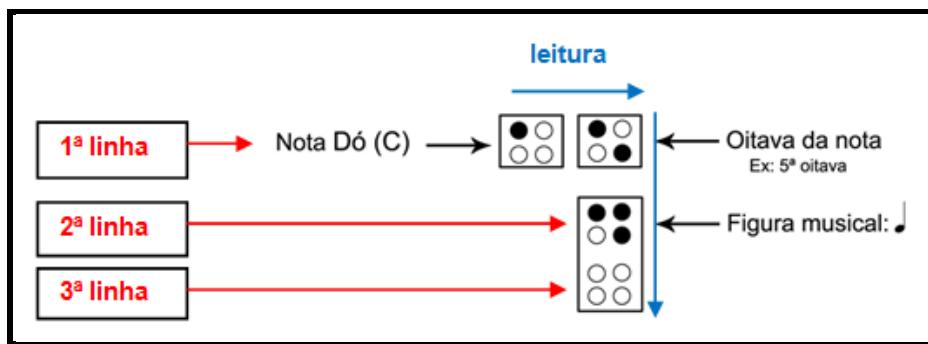
Estrutura das notas com suas oitavas e figuras

A leitura do código segue a direção da esquerda para a direita, na primeira linha. Primeiramente a nota e logo depois a oitava.

Ao ler o código da oitava, deve-se continuar lendo a figura musical, no sentido vertical, na segunda e terceira linha⁷⁷. Neste caso, na terceira linha, não existe a célula correspondente a 1 ou 2 pontos pois a semínima não é pontuada nem duplamente pontuada.

A direção da leitura do Código Lima pode ser observada na Figura 4.47.

Figura 4.47 – Direção da leitura do Código Lima (nota->oitava->figura)



4.1.4.7 Exercício 15

1. Ler primeiramente todas as notas com a seguinte estrutura: nota, oitava e figura⁷⁸. No exercício a figura é a semínima (código 4). A semínima, na maioria das vezes, vale 1 tempo. Na batida dos tempos 1 2 3 4 , o valor do pulso de cada tempo é uma semínima.⁷⁹

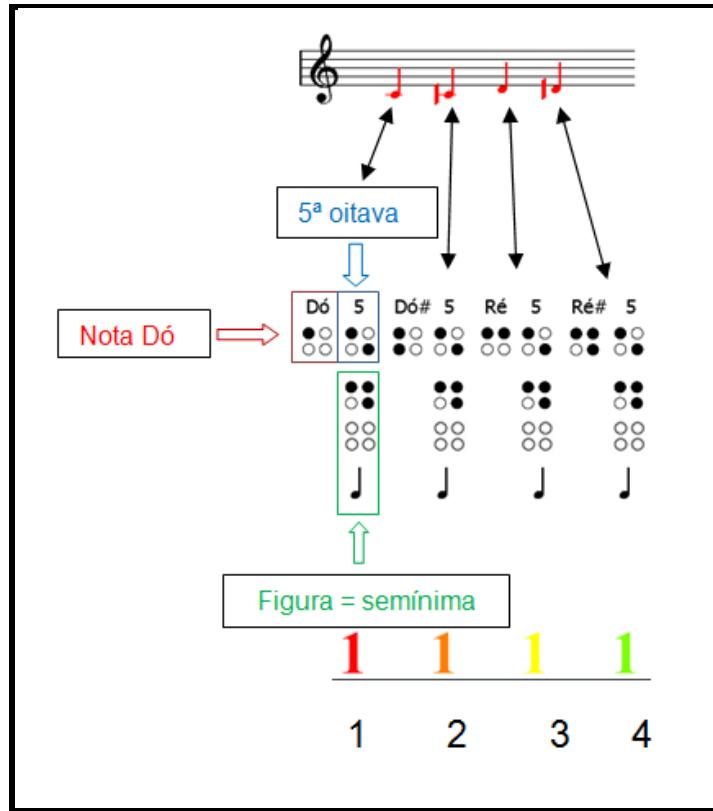
Em seguida, ler com a mão esquerda e tocar com a mão direita, o exercício em questão mostrado na Figura 4.48.

⁷⁷ Foi inserida a 3ª linha na estrutura da figura musical para a célula correspondente aos pontos. Lucas preferiu que houvesse um espaço igual entre as células da figura musical e do Volume, quando foi apresentada a estrutura total do código na primeira visita: Anamnese.

⁷⁸ Primeiramente, ao idealizar a estrutura do Código Lima, a célula correspondente a nenhum ponto (zero pontos) ia ser a célula de nº 0. Depois, foi cogitado não se colocar a célula sem pontos em relevo (espaço vazio). Lucas preferiu essa última opção. Para ele, não há comprometimento da estrutura e a leitura fica mais rápida (menos um código para se ler).

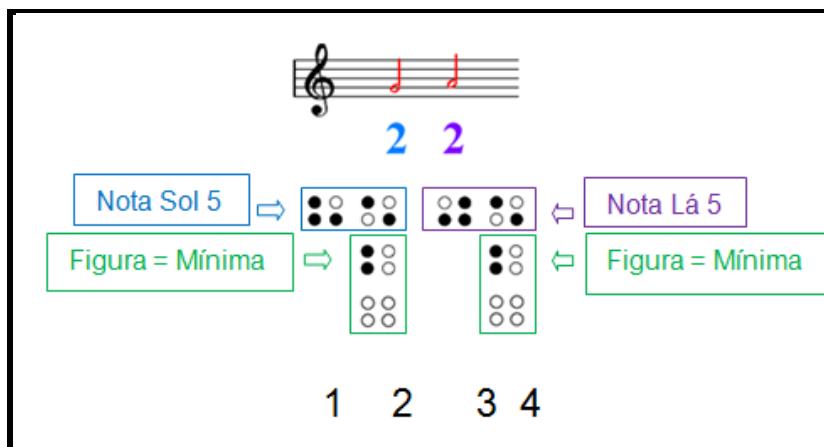
⁷⁹ No exercício em questão, foi pedido que se tocasse e lesse ao mesmo tempo. Lucas primeiramente leu a estrutura e depois tocou. Dessa forma, o exercício foi modificado. A estrutura nota-oitava-figura foi melhor assimilada e interiorizada dessa forma.

Figura 4.48 – Leitura e execução no teclado da estrutura nota, oitava e figura (figura = semínima) no compasso quaternário



Ler e tocar, ao mesmo tempo, as notas seguidas de suas oitavas e figuras musicais. No exercício a figura é a mínima (código 2). A mínima vale o dobro da semínima. A semínima valendo 1, obviamente a mínima vale 2: o som da mínima se prolonga durante 2 tempos como é mostrado na Figura 4.49.

Figura 4.49 – Leitura e execução no teclado da estrutura nota, oitava e figura (figura = mínima) no compasso quaternário.



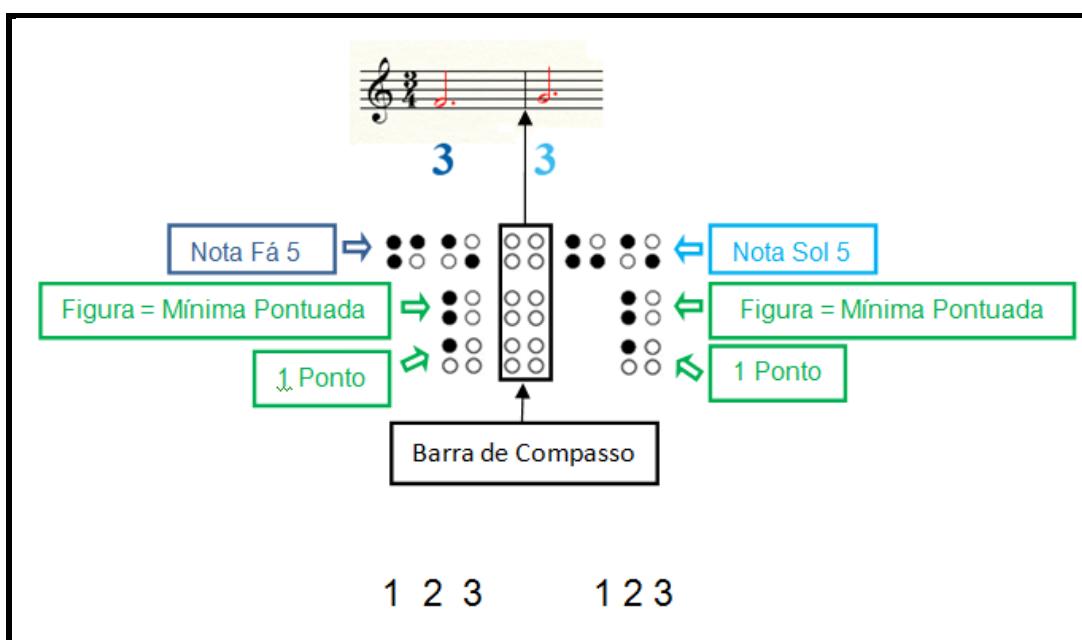
2. Ler e tocar, ao mesmo tempo, as notas seguidas de suas oitavas e figuras musicais. No exercício a figura é a mínima pontuada. A mínima vale 2 tempos. Acrescentando

1 ponto, o seu valor é acrescentado na metade: $2 + 1 = 3$: o som da mínima se prolonga durante 3 tempos.

Obs: O conjunto (estrutura) com 3 células de 4 pontos em baixo relevo, no sentido vertical separando as duas mínimas pontuadas (Fá5 e Sol5) é a estrutura da barra de compasso no Código Lima. Sua função é separar os compassos de 2 tempos (binário), 3 tempos (ternário), 4 tempos (quaternário), etc...

A separação dos compassos (barra de compasso) deixa um espaço bem grande separando o conjunto de estruturas do compasso. A Figura 4.50 exemplifica o exercício em questão.

Figura 4.50 – Leitura e execução no teclado da estrutura nota, oitava e figura (figura = mínima pontuada) no compasso ternário



4.1.4.8 Teoria do Código Lima 9

Pausas e Figuras:

A música pode ter momentos de silêncio (Pausa) e a duração da pausa é a mesma duração da figura musical: 1 tempo, 2 tempos, etc... A pausa vem sempre acompanhada da figura musical em sua estrutura, sendo a sua duração já especificada pela figura que a acompanha. A oitava musical acompanha a pausa apenas para manter a estrutura: pausa, oitava e figura. A estrutura facilita a leitura quando se escorrega o dedo na horizontal e na vertical para ler a figura.

4.1.4.9 Exercício 16

1. Ler e tocar, ao mesmo tempo, as notas e pausas seguidas de suas oitavas e figuras musicais: Sol5, Pausa da Mínima, Lá5, Sol5, Pausa da Semínima, Si5.

No exercício, a primeira pausa vale 2 tempos pois é acompanhada da figura da mínima cujo valor é 2.

A segunda pausa vale 1 tempo pois é acompanhada da figura da semínima, cujo valor é igual a 1.

O compasso é quaternário (4 tempos).⁸⁰ O exercício em questão é mostrado na Figura 4.51.

Figura 4.51 – Leitura e execução simultânea das notas e pausas seguidas de suas oitavas e figuras musicais: Sol5, Pausa da Mínima, Lá5, Sol5, Pausa da Semínima, Si5 no compasso quaternário

⁸⁰ A barra de compasso foi suprimida deste exercício por sugestão do Lucas: para ele a barra não fez nenhuma diferença. Prefere que essa barra não exista. Como ele próprio disse: “é *inútil*”. A barra de compasso não foi uma opção favorável. Ela dificultou a leitura e a execução musical provocando um atraso, como se fosse uma pausa no meio da execução, por causa do espaço maior que deixa entre as estruturas.

Observações após aplicação da Etapa 4:

- Do exercício 3.1 a 3.3 não houve dúvidas na leitura das células que representam as figuras no Código Lima e também não houve dúvidas na teoria e no exercício 3.4 e 3.5 que apresentam a estrutura completa da figura musical no Código Lima com os pontos de aumento.
- No exercício 3.6, Lucas, em primeiro lugar fez uma alteração no exercício que achei pertinente para que ele fixasse a estrutura nota-oitava-figura: não leu e tocou ao mesmo tempo. Leu primeiro a estrutura e depois tocou lendo com a mão esquerda.

Dificuldades encontradas:

- apenas em aprender a duração das figuras ao tocar no teclado pois para ele era algo novo. Não conhece quase nada de teoria musical sendo a sua dificuldade natural em qualquer aluno de música, inclusive alunos que enxergam.

Facilidades:

- leitura muito rápida da estrutura nota-oitava-figura
- achou o código (estrutura) fácil
- achou que a estrutura ajuda a leitura musical.

No exercício 3.9 a Barra de Compasso é introduzida entre dois compassos e a célula da pausa é modificada para a 15^a célula da Tabela do Código Lima.

Dificuldades encontradas:

- a barra de compasso não foi uma opção favorável. Ela dificultou a leitura e a execução musical provocando um atraso, como se fosse uma pausa no meio da execução, por causa do espaço maior que deixa entre as estruturas.

Sugestão:

- Foi decidido que seria melhor suprimir a barra de compasso do Código Lima.⁸¹ Para os cegos ela não tem nenhuma função. Como disse Lucas, é inútil.

⁸¹Mais tarde, em conversa com orientador decidiu-se suprimir a barra de compasso (sugestão que já havia sido aconselhada por ele com antecedência).

Na verdade, foi percebido e sentido que ela atrasa a leitura musical e sua execução.

Facilidades:

- Não houve mais confusão entre a nota Si e a pausa depois que a célula da pausa foi modificada. Nesse momento foi adotada a 15ª célula da Tabela do Código Lima para representar a pausa - mais uma colaboração de Lucas.

4.1.5 Etapa 5: Volume – Intensidade - 3º Dia: 18/09/2012

Objetivo: A Etapa 5 tem como objetivo apresentar o conceito de volume (intensidade) e suas codificações na Musicografia Lima.

4.1.5.1 Teoria do Código Lima 10

A expressividade da música é marcada pela intensidade (volume) das notas quando são executadas. O som pode ser tocado com mais força ou com menos força dependendo da intenção do intérprete. Dessa forma, o volume do som pode ser mais baixo (fraco) ou mais alto (forte).

São usadas abreviaturas da palavra **Piano (p)** para identificar um som fraco e **Forte (f)** para identificar um som forte, existindo variações destes símbolos musicais para cada intensidade (Volume) desejada, como: **ppp, pp, mp, ff**, etc.

Além desses símbolos também existem sinais gráficos de crescendo e decrescendo.

No Código Lima são adotados valores numéricos para cada intensidade: piano, pianíssimo, forte, etc. Existem oito valores de volume que são discriminados pelo ouvido humano com um valor numérico MIDI equivalente.

Observe as Tabelas 4.4 e 4.5 a seguir com as intensidades e seus valores na escala MIDI:

Tabela 4.4 – Intensidades e seus significados e valores correspondentes na escala MIDI

Símbolos de Intensidade	Significado	[Comparação com a Voz humana]	MIDI (Valor Numérico do Volume)
<i>ppp</i>	Bem pianissimo (mais suave possível)	Sussurro	16
<i>pp</i>	Pianissimo (muito Suave)	Quase um sussurro	33
<i>p</i>	Piano (suave)	Mais suave do que a voz que fala	49
<i>mp</i>	Mezzo Piano (moderadamente suave)	Voz falada	64
<i>mf</i>	Mezzo Forte (moderadamente alto)	Voz falada	80
<i>f</i>	Forte (alto)	Falar alto	96
<i>ff</i>	Fortíssimo (muito alto)	Falar muito alto	112
<i>fff</i>	Bem Fortíssimo (mais alto possível)	Gritar	126

Tabela 4.5 – Intensidades e valores na escala MIDI

16	33	49	64	80	96	112	126
<i>ppp</i>	<i>pp</i>	<i>p</i>	<i>mp</i>	<i>mf</i>	<i>f</i>	<i>ff</i>	<i>fff</i>

A estrutura do volume, no Código Lima apresenta duas células de 4 pontos, uma embaixo da outra (V1 e V2).

V1 - A célula superior, que podemos denominar de V1, representa a dezena/centena do valor do volume.

Dezena: Será dezena quando o valor do volume for menor que 100.

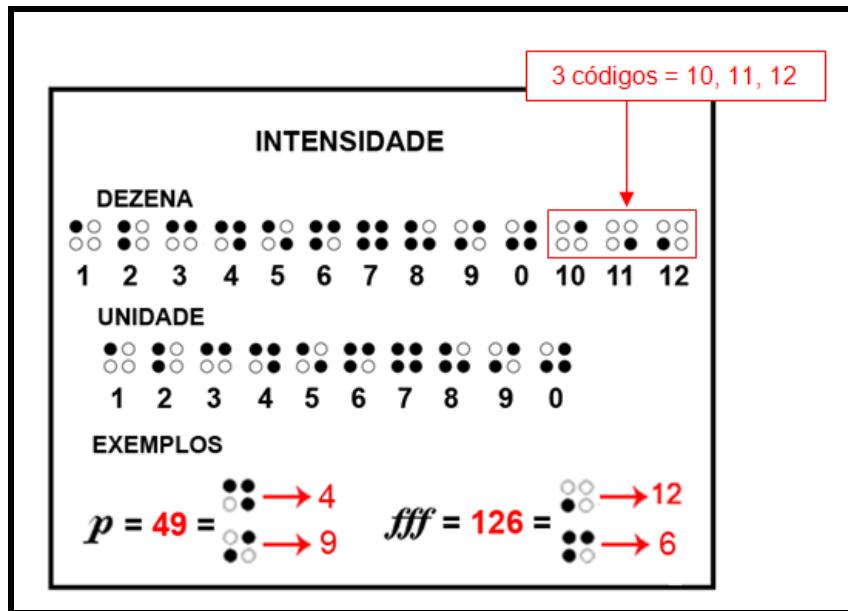
Dezena/Centena:

Quando o valor ultrapassa a 100 (de 100 a 127), a célula superior é lida como dezena e centena ao mesmo tempo. Apresenta três códigos básicos: 10 (equivalendo a 100), 11 (equivalendo a 110) e 12 (equivalendo a 120).

V2 - A célula inferior, que podemos denominar de V1, continua valendo de 0 a 9, pois ela representa a unidade numérica.

Obs: Na Figura 4.52 pode-se observar que para os valores 10, 11 e 12 são utilizados 3 (três) dos 6 códigos que excedem a representação numérica decimal do Código Lima, já apresentada anteriormente.

Figura 4.52 – Código Lima para os números 10, 11 e 12: são utilizados 3 dos 6 códigos que excedem a representação numérica decimal do Código Lima



4.1.5.2 Exercício 17

1. Ler a tabela de volumes correspondente à Intensidade:⁸²

V1 - volume 1 – Dezena/Centena (células superiores – numeração de 0 a 12)

V2- volume 2 – Unidade (células inferiores – numeração de 0 a 9).

Pede-se que sejam observados os 3 códigos diferentes, correspondentes aos números 10, 11 e 12 do V1(Volume 1). A Tabela 4.6 ilustra o exercício em questão.

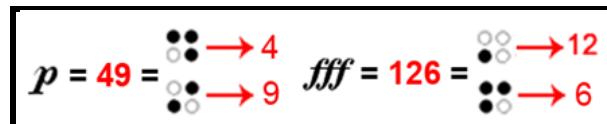
Tabela 4.6 - Leitura da tabela de volumes correspondente à Intensidade

Intensidade												
V1												
Volume 1												
Dezena/Centena												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	10	11	12
●○	○○	●○	○○	○○	●○	○○	●○	○○	○○	●○	○○	●○
V2												
Volume 2												
Unidade												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0			
○○	●○	●○	○○	○○	●○	●○	○○	○○	○○			

⁸² Esse exercício foi acrescentado na aplicação do código ao sentir a necessidade de Lucas sentir todos os códigos do volume 1 e 2 (do volume 2, principalmente pois são apresentados três códigos diferentes representando o nº 10, 11 e 12).

2. Ler a estrutura do volume $p = 49$ e $fff = 126$, no sentido vertical: primeiramente a célula superior e, logo após, a inferior conforme figura 4.53.

Figura 4.53 – Leitura da estrutura volume $p = 49$ e $fff = 126$: células lidas no sentido vertical



3. Ler a estrutura do volume (Código Lima) para todos os sinais de intensidade apresentados conforme Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Leitura da estrutura do volume para todos os sinais de intensidade (ppp , pp , p , mp , mf , f , ff , fff): células lidas no sentido vertical

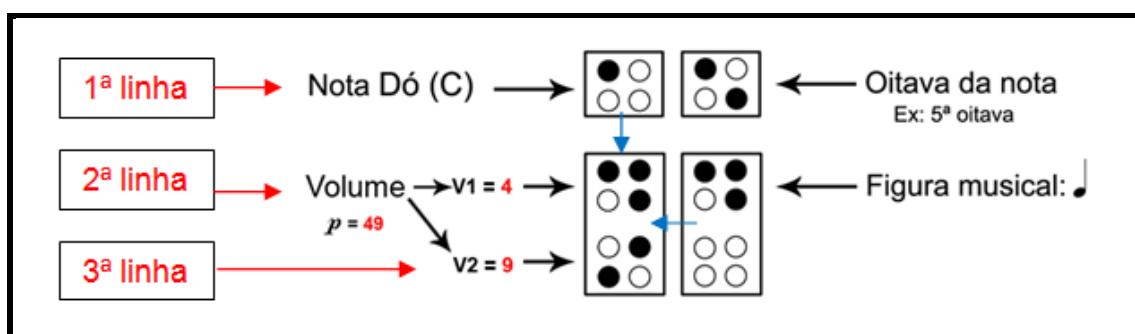
ppp	pp	p	mp	mf	f	ff	fff
16	33	49	64	80	96	112	126
●○ ○○	●● ○○	●● ○○	●● ○○	●○ ●●	○● ○○	○○ ○●	○○ ●○
●● ○○	●● ○○	○● ○○	○● ○○	○● ●●	●○ ○○	●○ ○○	●● ○○

4.1.5.3 Teoria do Código Lima 11

Estrutura das Notas, Oitavas, figuras e volumes

A estrutura total da nota musical é acompanhada sempre da oitava, e da figura. Porém, o volume também faz parte desta estrutura, estando situado na segunda e terceira linha, logo abaixo da nota musical e do lado esquerdo da figura musical, conforme Figura 4.54.

Figura 4.54 - Estrutura total da nota musical: nota, oitava, figura e volume: o volume está situado e abaixo da nota e do lado esquerdo da figura



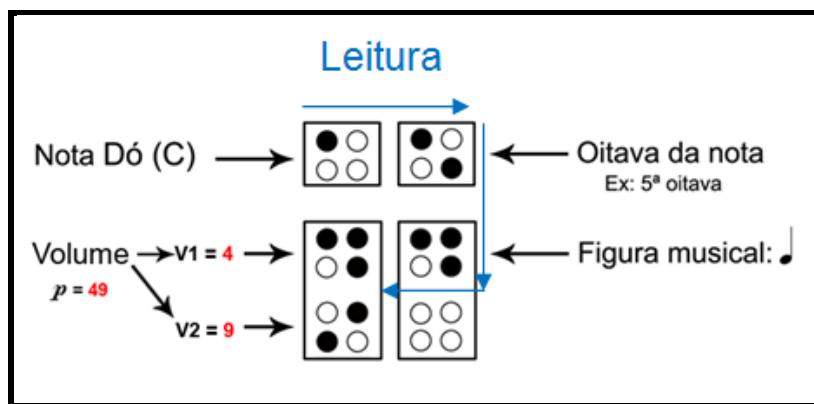
4.1.5.4 Exercício 18

1. Ler, conforme Figura 4.55, a estrutura completa com nota, oitava, figura e volume, seguindo a ordem⁸³:

1^a linha: Nota Dó → 5^a Oitava

2^a e 3^a linha: Figura Musical → Volume

Figura 4.55 – Leitura completa da estrutura do Código Lima (nota, oitava, figura e volume) seguindo a ordem: nota -> oitava, figura -> volume



4.1.5.5 Teoria do Código Lima 12

Volume:

Durante a leitura musical, os símbolos de intensidade (*ppp*, *pp*, *p*, *f*, etc...) não aparecem o tempo todo. Existem músicas que eles simplesmente não são indicados, cabendo ao intérprete expressar a música da maneira como desejar.

Porém, quando ele aparece, sua função é indicar a intensidade durante um trecho musical. Ele aparece na primeira nota do trecho só sendo mudado para outro símbolo quando acabar aquele trecho.

Dessa forma, no Código Lima, o volume correspondente à intensidade (16 ou 33 ou 49, etc...) só fará parte da estrutura da nota quando for indicado na melodia lida e sua estrutura de duas células não será repetida (ficará em oculto) durante o trecho musical executado até que apareça outro volume correspondente à outro símbolo de intensidade na melodia lida.

⁸³ Foi constatado, enquanto era observada a leitura pelo cego, que a leitura não precisa ser exatamente nessa ordem proposta. A leitura de Lucas é muito rápida não tendo como saber que ordem ele utilizou para ler a estrutura. Esse questionamento não foi feito pois poderia atrapalhar a leitura que foi muito espontânea e rápida.

4.1.5.6 Exercício 19

1. Ler primeiramente o exercício e logo após, ler e tocar ao mesmo tempo, observando e executando os volumes (*p* e *f*), durante os trechos musicais:⁸⁴
 - de Sol5 a Dó6 → volume = 49 (piano, suave)
 - nota Ré6 → volume = 96 (forte), conforme Figura 4.56.

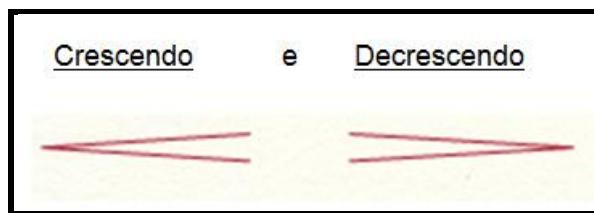
Figura 4.56 - Ler e executar no teclado o trecho musical (Sol5, Lá5, Si5, Dó6 e Ré6) com variações de volume piano e forte (volume= 49 e volume = 96)

The musical score consists of five measures. Measure 1: Sol5 (piano). Measure 2: Lá5 (piano). Measure 3: Si5 (piano). Measure 4: Dó6 (piano). Measure 5: Ré6 (forte). The notes are represented by dots and circles. Sol5 has two black dots and one white circle. Lá5 has one black dot and two white circles. Si5 has two white circles. Dó6 has one black dot and two white circles. Ré6 has three black dots and one white circle. A green bracket under the first four measures is labeled 'p' (piano). A red bracket under the fifth measure is labeled 'f' (forte). A green arrow above the first four measures points to the fifth measure with the text 'Volume = p = 49 (suave)'. A red arrow above the fifth measure points to the right with the text 'Volume = f = 96 (FORTE)'.

4.1.5.7 Teoria do Código Lima 13

Além dos sinais de intensidade existem formas gráficas para representar o volume quando ele cresce ou decresce gradativamente. Essas formas gráficas são mostradas na figura 4.57.

Figura 4.57 – Formas gráficas representativas do volume: Crescendo e Decrescendo



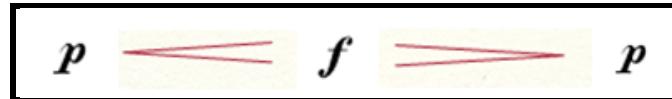
Crescendo: aumenta a intensidade do som gradativamente.

Decrescendo: diminui a intensidade do som gradativamente.

Em ambos os casos, usa-se um dos sinais de intensidade (dinâmica) para indicar a intensidade a ser atingida, conforme ilustra a Figura 4.58.

⁸⁴ Neste exercício, também foi preciso que Lucas fizesse a leitura em primeiro lugar para se familiarizar com as estruturas apresentando o volume. Outra modificação tanto no exercício 4.5 como no 4.6 foi a eliminação da barra de compasso na escrita musical do Código Lima.

Figura 4.58 – Sinais de intensidade juntamente com formas gráficas do volume para indicar a intensidade a ser atingida



Sinais de Crescendo e Decrescendo

Como foi visto, nas formas gráficas de crescendo e decrescendo, o volume aumenta ou diminui gradativamente de intensidade. Dessa forma, **os volumes de cada nota** são mudados durante o trecho musical, começando pelo sinal de intensidade indicado na primeira nota do trecho e acabando no próximo sinal de intensidade.

4.1.5.8 Exercício 20

1. Ler e tocar ao mesmo tempo, observando todos os volumes⁸⁵: 49, 60, 72, 80, 96. Observar que eles aumentam em ordem crescente: do volume 49 (piano) até o volume 96 (forte). Executar a melodia começando da intensidade suave e gradativamente aumentando a intensidade até tocar a intensidade forte:

- de Sol5 a Ré6 → volumes = 49 (piano), 60, 72, 80, 96 (forte) conforme Figura 4.59.

Figura 4.59 – Leitura e execução simultânea do trecho musical (Sol5, Lá5, Si5, Dó6, Ré6) com variações de volume gradativas: de intensidade suave até a intensidade forte

Volume entre 49 e 96 - aumenta gradativamente
(49 - 60 - 72 - 80 - 96)

⁸⁵ A leitura da estrutura musical completa foi eficiente e rápida. Lucas constatou que a estrutura é boa, “que fica um padrão” como ele mesmo disse. Dessa forma decidimos sempre colocar o volume mesmo que ele se repita pois em qualquer trecho que Lucas estiver na obra musical não precisará voltar um trecho grande para poder saber o volume inicial, quando ele se repetir.

Obs: O volume entre os sinais de intensidade na forma crescendo ou decrescendo variam, nunca são os mesmos. O importante é sentir que o volume está aumentando ou diminuindo gradativamente e executá-lo com a expressividade necessária.⁸⁶

Observações após aplicação da Etapa 5:

- A estrutura do volume foi entendida com facilidade e as diferenças de intensidade da tabela também.
- Quando o volume foi acrescentado, Lucas ficou muito empolgado: a estrutura estava completa.
- No exercício 4.5 deve ser feita uma alteração realizada pelo próprio colaborador Lucas: deve-se primeiramente ler todo o trecho musical com sua estrutura completa: nota-oitava-figura-volume com a finalidade de se assimilar melhor a estrutura completa. Depois deve-se ler e tocar ao mesmo tempo.

Dificuldades:

- Lucas não apresentou dificuldades.
- Entendeu que a estrutura do volume só iria aparecer no começo de um trecho musical (valendo por todo o trecho) até aparecer outra estrutura de volume.
- O exercício 4.5 foi realizado com êxito.⁸⁷
- No exercício 4.6 foi realizado o sinal de dinâmica de crescendo- todas as notas apresentam um volume *Crescente*, no caso, de piano a forte.
- Também não houve dificuldade sendo que Lucas tocou logo depois o trecho musical executando a dinâmica de volumes *Decrescente*.
- O último exercício foi lido rapidamente e com a expressão necessária apesar do teclado não ser muito sensível. A sensibilidade seria maior no piano ou em um teclado de maior sensibilidade ao toque.

Observações:

- Os exercícios 4.5 e 4.6 foram escritos sem a barra de compasso.

⁸⁶ Curiosamente, ao terminar de ler e tocar esse trecho musical, Lucas tocou em ordem decrescente (do Ré6 para o Sol5), decrescendo também no volume, o que não fazia parte do exercício mas que demonstrou o domínio do aprendizado do conceito teórico e prático do Código do Volume.

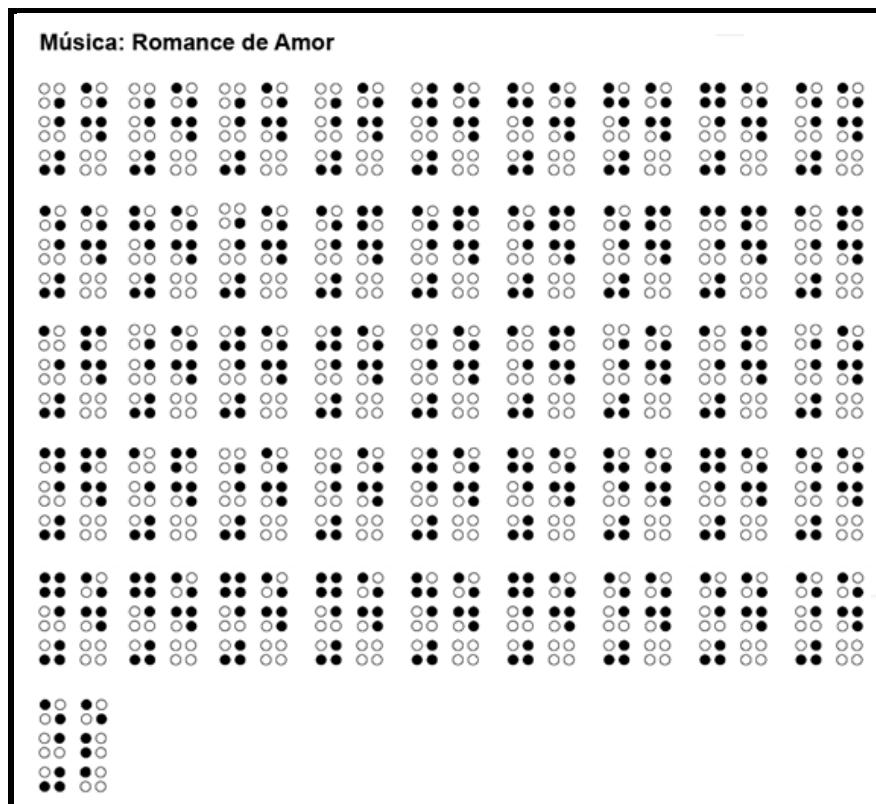
⁸⁷ No início, ao executar o trecho musical do exercício 4.5, Lucas ia utilizar um aumento de volume do próprio teclado. Poderia ser feito mas para fazer isso ele não poderia ler ao mesmo tempo. Com isso, foi preciso usar a sensibilidade do teclado dele que não é muito sensível.

- Neste dia, 18/09/2012, foram realizadas todas as etapas com êxito. O colaborador cego, Lucas, não teve nenhuma dificuldade sendo que, no final, leu um pequeno trecho musical com fluência e rapidez.
- Não foram necessários os outros dias (19/09 e 20/09) para aplicação do Código Lima. Em dois dias foram realizadas todas as etapas com exercícios práticos.

4.1.6 Etapa 6 – Entrevista com o colaborador Lucas e seus acompanhantes – dia 15/12/2012

- Nesta última entrevista são entregues para Lucas (o colaborador cego), as tabelas do Código Lima em pontos em relevo com a finalidade de propiciar a ele um material didático de recordação da Musicografia Lima utilizando-se assim, da ferramenta de Ensino-Aprendizagem “Raio do Conhecimento de Aprendizado 2º” (LIMA et al, 2013). Acima de cada tabela, foi feita a tradução dos títulos das tabelas, para que o acompanhante pudesse instruir Lucas ao surgir alguma dúvida.
- É entregue também para Lucas, não um trecho musical, mas uma peça musical denominada *Romance de Amor* toda perfurada com pontos em relevo no Código Lima, conforme Figura 4.60.

Figura 4.60 – Peça musical *Romance de Amor* em pontos em relevo conforme Musicografia Lima



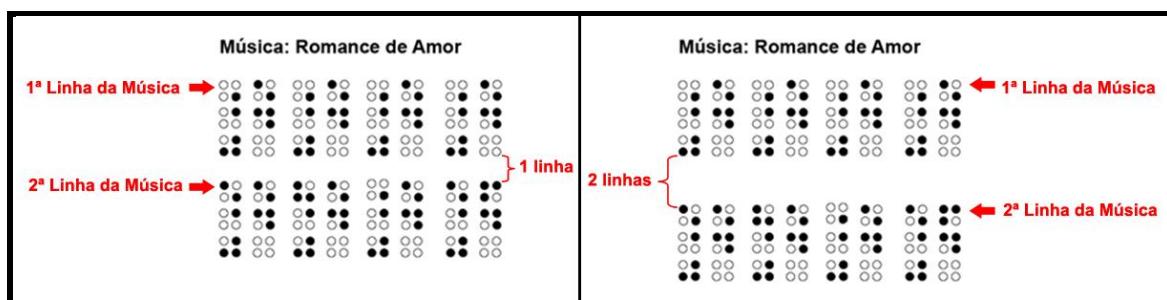
- **Dificuldades:**

- Lucas não apresentou dificuldades ao recordar-se do Código Lima.
- Leu e executou com extrema facilidade a peça musical *Romance de Amor*, sentindo dificuldades apenas para mudar de linha.

- **Sugestões:**

- Foi sugerido aumentar a distância das linhas entre as estruturas: distância de 2 linhas no lugar de uma, como é exemplificado na Figura 4.61.

Figura 4.61 – Aumento da distância das linhas entre as estruturas: 2 linhas



Obs: Pode-se observar na Figura 4.61 que a maior distância das linhas entre as estruturas (2 linhas) facilita a leitura do deficiente visual quando ele termina de ler a primeira linha da música. Ao voltar para ler a 2^a linha, o espaço maior permite que ele não esbarre o dedo nas estruturas da 1^a linha.

4.2 Aplicação do Código Lima com professoras da rede estadual

4.2.1 Minicurso: *Musicografia Lima: Escrita Musical para Deficientes Visuais* - Dia: 21/11/2012

Objetivo: O minicurso em questão tem como objetivo apresentar a Musicografia Lima para professoras de música da rede estadual e registrar as considerações destas sobre o Código apresentado.

Primeiramente, foi escolhido o local, dia e horário e carga horária do curso em questão:

Local:

CEMARB (Conservatório Estadual de Música e Centro Interescolar de Artes Raul Belém)

Dia: 21/11/2012

Horário: 13:00h – 15:00h

Carga horária: 2 horas/aula

A escolha da escola foi fundamental pois o CEMARB é uma escola especializada em Música e uma das professoras, Vilma Monteiro, ministra aulas de teclado (instrumento musical) para Lucas, o colaborador cego desta tese.

A outra professora não ministra aulas para deficientes visuais mas houve grande interesse por ela em aprender, caso venha a precisar de ministrar aulas futuramente para alunos cegos.

As professoras de Teclado do CEMARB, alunas deste curso foram:

- Vilma Monteiro Alves Vasconcelos de MASP: 443.720-8
- Maria Abadia de Moraes de MASP: 388.818-7

O curso foi ministrado a pessoas que não conhecem o Código Braille e nem suas ferramentas de impressão.

Foi realizada uma aula didática com a duração de 2 horas/aula, que apresentou o código de pontos em relevo, a Musicografia Lima com o seguinte conteúdo resumidamente:

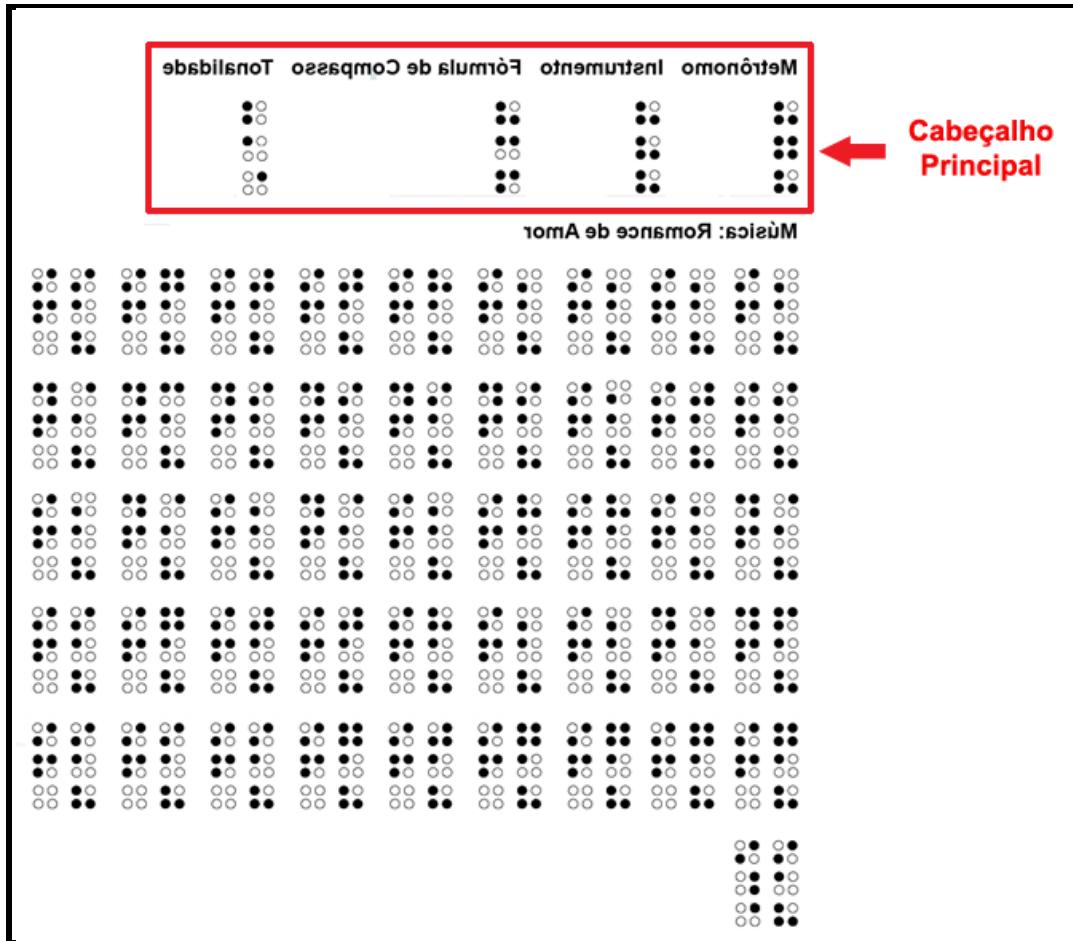
- como surgiu e o porquê do código
- a simplicidade do código
- a estrutura contendo a teoria do código (cabeçalho principal e código de evento de notas) com suas tabelas baseadas quase totalmente na numeração Braille
- a apresentação da música *Romance de amor* (com os pontos do Código Lima impressos) perfurada manualmente com o punção em papel 120g, conforme Figura 4.62.

Figura 4.62 - Apresentação da música *Romance de amor* com as estruturas do Código Lima impressas (cabecalho principal e a melodia em si)

- a apresentação do software DrMusicalLima obtendo informações que facilitam aos acompanhantes e professores de música ensinar música para os cegos e deficientes visuais
 - como conteúdo prático, as alunas perfuraram no papel 120g, usando mesa, reglete e punção, a estrutura do cabeçalho principal do Código Lima na música *Romance de Amor*, como ilustra a Figura 4.63.

Obs: A música foi impressa ao contrário para que as professoras conseguissem perfurar o código da maneira correta.

Figura 4.63 - Estrutura do Cabeçalho Principal perfuradas usando mesa, reglete e punção: impressão de maneira invertida



- foi entregue uma apostila com o conteúdo teórico da Musicografia Lima.

Considerações sobre a Musicografia Lima:

- as professoras assimilararam a codificação, tendo no início uma maior dificuldade na perfuração do código, algo novo para elas. Porém conseguiram perfurar e entender a estrutura do código em questão, considerando simples o teor da estrutura que se baseia apenas em notas, oitavas, figuras e volume. Além disso, a estrutura vale-se de um código numérico já conhecido pelos cegos.
- consideraram interessante o código se utilizar de apenas 4 pontos em relevo ao invés de 6 pontos, facilitando a leitura com um menor código.
- o Código Lima foi considerado ser de extrema importância para os cegos e para suas aulas com os deficientes visuais que poderão ler as melodias, o que facilita e acrescenta um melhor ensino e melhor aprendizado.

- O software DrMusicalLima foi considerado facilitador para o ensino e apreensão do Código Lima pelos professores de deficientes visuais em geral. Foi cogitada uma futura impressão em impressoras de pontos em relevo, o que facilitaria ainda mais o acesso a partituras musicais impressas em relevo.

Conclusão

O processo de validação do código foi altamente satisfatório tendo resultados excelentes, superando as expectativas.

- A leitura do código, com a mão esquerda, foi realizada de uma maneira fluente, sem dificuldades pelo aluno cego.
- O entendimento do código foi completo por parte do colaborador cego, sendo ele capaz de fazer algumas alterações pertinentes no código, como: substituir a célula correspondente à pausa para outra célula existente no Código Lima, suprimir a barra de compasso, etc.
- O colaborador cego foi capaz de escrever em relevo no papel de 120g, a estrutura completa do evento de notas do código Lima, provando ser capaz de não somente ler o código mas, também de escrevê-lo o que abre um leque de perspectivas para o músico deficiente visual, dando a ele a capacidade de escrever suas próprias composições, arranjos e transcrições musicais.
- A experiência de trabalhar com o deficiente visual foi extremamente gratificante pois o entendimento musical por parte deste, superou o ensino musical para não - deficientes. Em poucos dias de aplicação do Código Lima, o colaborador cego foi capaz de aprender, ler (através do Código Lima) e tocar noções básicas da teoria musical como notas, oitavas, figuras e volumes executando, no final da aplicação do código, uma obra musical reconhecida, como: *Romance de Amor* de Antônio Rovira.

Comprovou-se com a aplicação do roteiro de apresentação do Código Lima que a inserção de uma estrutura padrão em códigos de pontos em relevo é relevante e essencial para que o deficiente visual não se perca na leitura da informação musical, bem como realmente permite ao mesmo acessar a leitura a partir de qualquer ponto da música grafada.

Foi comprovado que a utilização do paradigma da representação dos eventos musicais fundamentalmente pelo uso da codificação numérica decimal do método Braille regular, a qual é aderente ao paradigma de representação musical, facilita e agiliza o aprendizado,

evitando que o cego tenha que decorar novas codificações para códigos já existentes e aplicados a outros domínios, ou seja: em Braille e na Musicografia Lima, o código do número 1 é o mesmo, assim como para os demais números. Isto evita uma sobrecarga de significado para um mesmo código.

Foi constatado que um maior distanciamento, na estrutura, entre as 6 células de 4 pontos é um fator que facilita a leitura pelo deficiente visual e o distanciamento entre as linhas das estruturas também permite uma leitura mais eficaz.

A utilização de barras de compasso, para um deficiente visual que não foi treinado em CPN (Musicografia Braille), complica, dificulta a leitura. Mas isto não é um ponto de análise mais profunda neste método que visa principalmente dotar o cego da leitura de eventos de notas independente de contexto. Neste caso, não se tem ligadura de notas e outros símbolos e conceitos onde a barra de compasso é uma informação essencial.

Os acompanhantes do deficiente visual (pai e mãe) submetidos à experimentação do sistema, também avaliaram positivamente o método e proposição do trabalho, segundo eles, de grande importância não só para o filho deles, mas para todos os deficientes visuais. Os mesmos confirmaram a dificuldade de ter acesso a impressoras e máquinas de escrever para cegos, mesmos em escolas onde o governo as disponibilizou. A utilização de páginas impressas contendo a codificação dos pontos em relevo invertidas foi comprovada como uma boa solução para quem não pode comprar uma impressora Braille. A perspectiva de se produzir impressoras de baixo custo foi uma informação que trouxe um grande ânimo tanto aos pais quanto ao deficiente visual.

Quanto ao minicurso ministrado às professoras da rede estadual, que possuem ou não experiência musical com cegos, houve uma assimilação extremamente satisfatória do Código Lima a ponto dessas professoras usarem a mesa, a reglete e o punção, imprimindo manualmente os Códigos Lima correspondentes ao cabeçalho da música *Romance de Amor*. Comprovou-se dessa forma ser possível a reprodução dos códigos em relevo pelas pessoas que possuem visão e, também a assimilação e reprodução do Código Lima pelas professoras de uma maneira em geral.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

No Capítulo 1, os objetivos específicos desta pesquisa, desta tese, foram traçados, a saber:

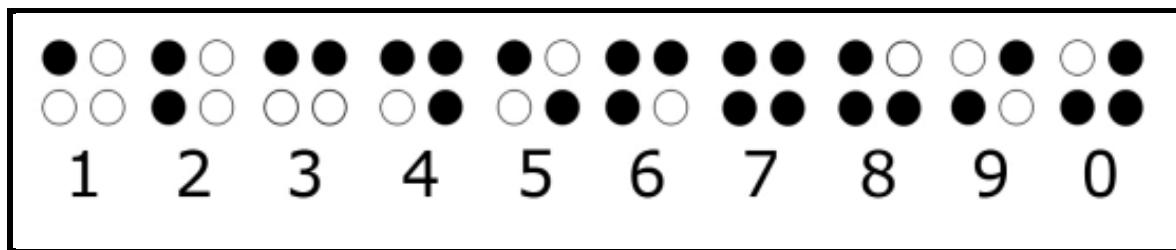
Objetivo 1 –

Reducir o número de códigos, utilizando células com pontos em relevo, tal como **Barbier** e **Braille** fizeram, de tal forma a simplificar a codificação musical para a escrita de música para deficientes visuais.

Solução:

O objetivo foi alcançado ao se adotar o paradigma de numeração decimal utilizada no código Braille regular, utilizando apenas 4 dos 6 pontos da codificação, reduzindo, portanto o número de pontos por codificação, conforme Figura 3.10 , do item 3.7 do capítulo 3.

Figura 3.10 - Código Braille para números decimais



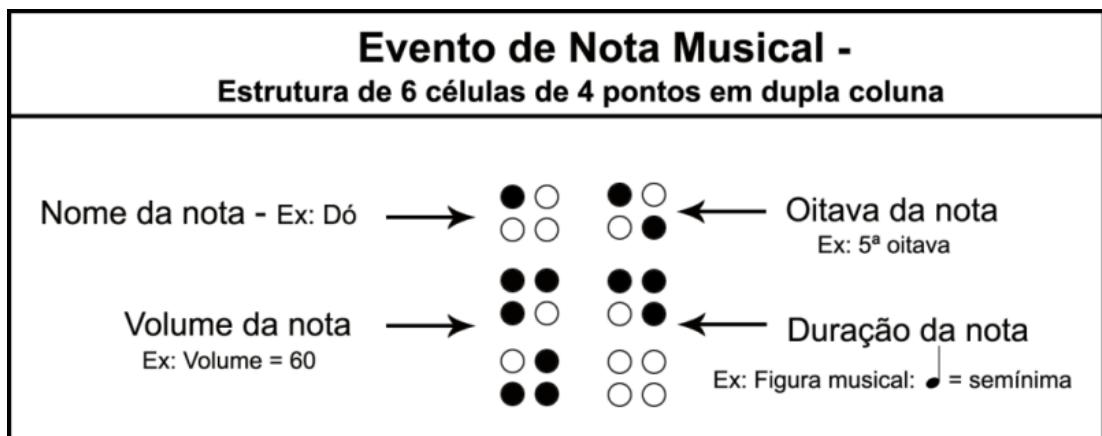
Objetivo 2 –

Implementar toda a codificação e informação musical tradicional, utilizando apenas células primárias de 4 pontos em relevo, reduzindo o número de códigos a serem decorados para 16, sendo 10 deles já conhecidos na codificação **Braille** para números, assim como Aschero idealizou seu sistema numerofônico.

Solução:

Este objetivo foi alcançado. O capítulo 3 apresentou a proposição de uma nova grafia musical para representação de eventos musicais estruturadas com 6 células de 4 pontos em dupla coluna, se mostrando suficiente para uma leitura sem dualidade ou dificuldade pelos deficientes visuais, conforme apresentado no capítulo 4, Figura 4.1 a seguir.

Figura 4.1 – Estrutura da Musicografia Lima → Eventos de Nota



Os 6 códigos restantes das combinações numéricas das células de 4 pontos se mostraram suficientes para a complementação dos eventos de notas musicais e respectivos cabeçalhos, conforme ilustram a tabela 3.3 do item 3.77 e a tabela 3.7 do item 3.10.1 do capítulo 3.

Tabela 3.3 - Codificação Lima para Evento de Notas

Código Lima	●○ ○○	●○ ●○	●● ○○	●● ○○	●○ ○●	●● ●○	●● ●●	●○ ●●	●● ●●	●● ●●	○○ ○●	○○ ○○	○○ ●○	○○ ●●	○○ ○○	
Ordem	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°
Código Braille Numérico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Nome da Nota N	Dó (1)	Dó# (2) Réb	Ré (3)	Ré# (4) Mib	Mi (5)	Fá (6)	Fá# (7) Solb	Sol (8)	Sol# (9) Láb	Lá (0)	Lá# Sib	Si	-	-	Pausa	-
Oitava da Nota O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Volume – Dezena/Centena V1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	10	11	12	-	-	-
Volume – Unidade V2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Figura	sb (1)	min (2)	-	sm (4)	-	-	-	c (8)	-	b (0)	-	-	sf (64)	f (32)	sc (16)	-
Figura – N° de Pontos Np	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-

Tabela 3.7 - Codificação Lima para o Cabeçalho da Música

Código Lima	•○	●○	○●	○○	●●	○●	●○	○○	●●	○●	○○	○○	○●	○○		
Ordem	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°
Código Braille Numérico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Metrônomo...C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Metrônomo...D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Metrônomo...U	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Instrumento...C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Instrumento...D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Instrumento...U	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Tonalidade...To	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Menor	-	-	Menor	-	-
Tonalidade...Ac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	#	-	b	-	-	-
Tonalidade...Nu	1	2	3	4	5	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fórmula de Compasso...D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Fórmula de Compasso...U	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	-	-	-	-	-
Fórmula de Compasso...F	sb(1)	min(2)	-	sm(4)	-	-	-	c(8)	-	b(0)	-	-	sf (64)	f (32)	sc (16)	-

Objetivo 3 –

Implementar tal codificação, assim como, também, codificar com precisão a dinâmica dos volumes⁸⁸, nota a nota, de qualquer música, partindo da leitura dos arquivos **MIDI SMF**⁸⁹, não se utilizando o padrão MusicXML (ANEXO 1) por não ser o foco desta pesquisa registrar todas as simbologias utilizadas em uma CPN e sim grafar os eventos de execução de notas musicais, o que os arquivos MIDI SMF registram com precisão e de forma direta.

Solução –

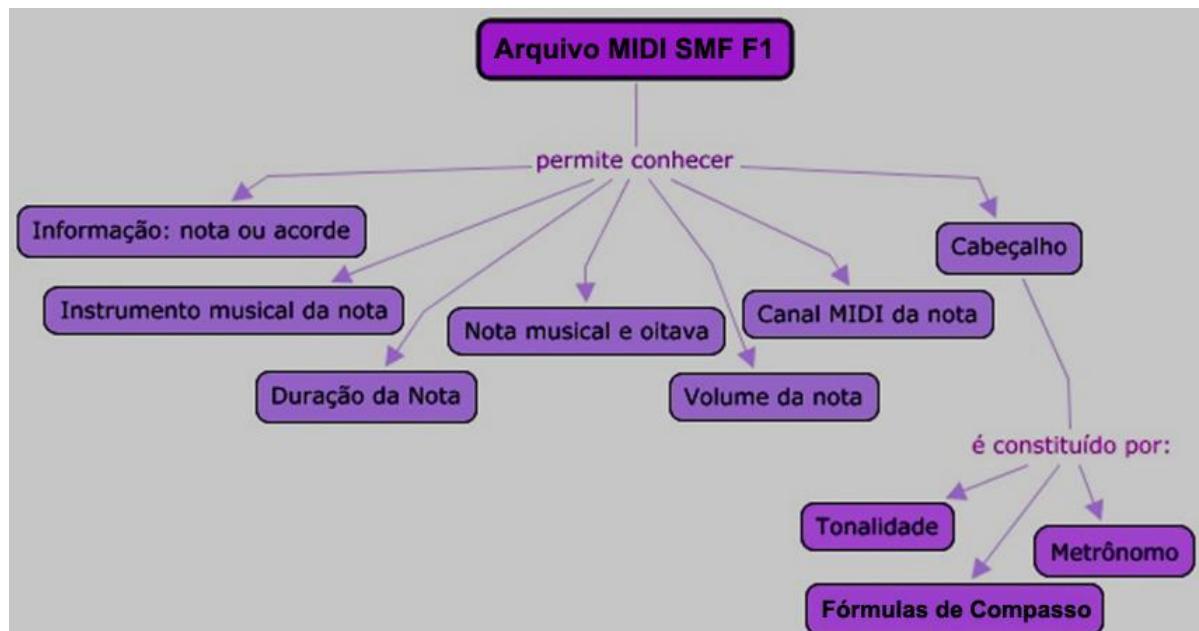
Este objetivo foi alcançado. No capítulo 3 foi apresentado um software, tendo como uma forma de entrada de dados musicais os arquivos MIDI SMF, os

⁸⁸ Na notação tradicional, a representação da dinâmica é através de símbolos relativos e sujeitos à interpretação e execução subjetiva de cada intérprete.

⁸⁹ Standard **MIDI Files** - Nos arquivos MIDI SMF tem-se armazenado exatamente o volume de cada nota, em valores de 0 a 127, e, portanto, pode-se conhecer exatamente como o compositor, ou intérprete que gravou a música, executou o crescimento ou decrescimento do volume. Pode-se até traçar um gráfico do mesmo, e, se desejado, inferir a função equivalente.

quais se mostraram suficientes e eficientes para geração precisa da Musicografia Lima, Textual e Numerofônica, conforme apresentado na Figura 3.53 do item 3.11.3.3.2 do capítulo 3.

Figura 3.53 - Mapa Conceitual – Arquivo MIDI SMF F1



Objetivo 4 –

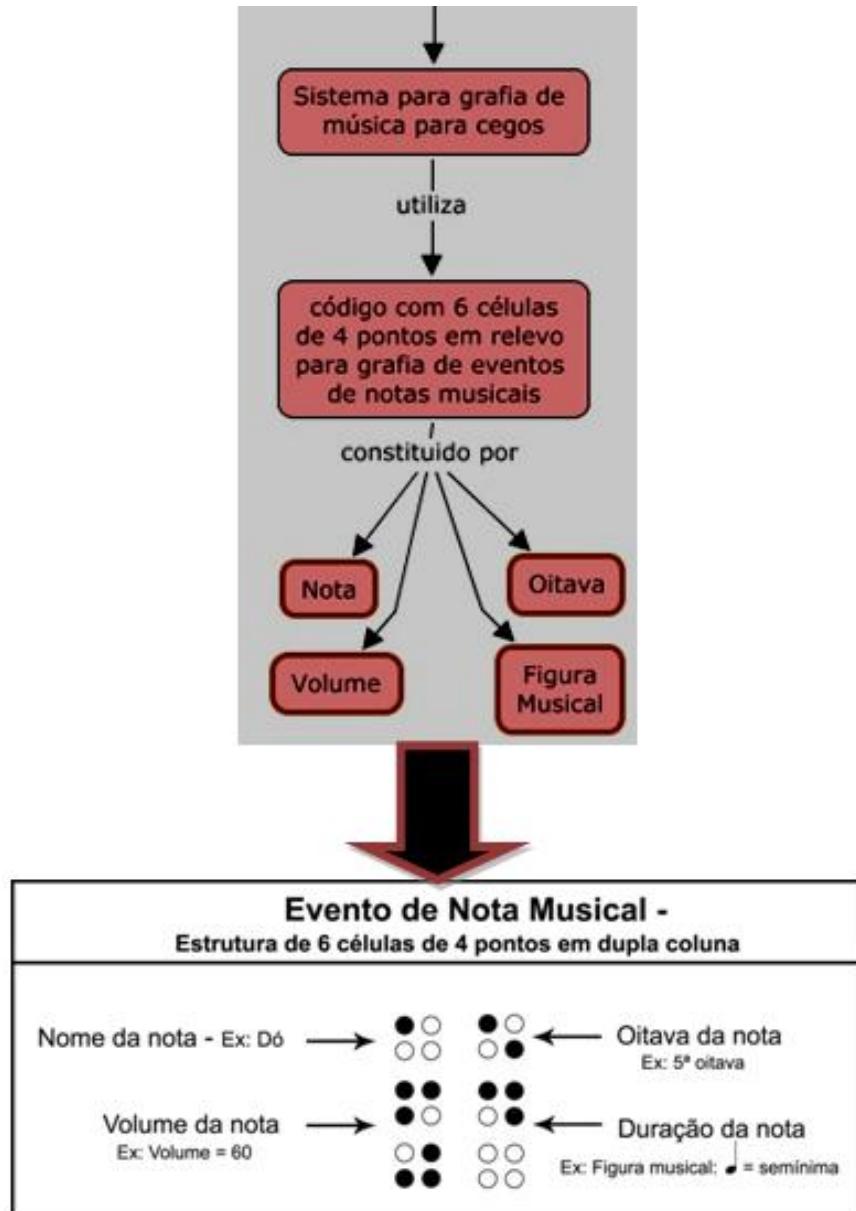
Implementar uma codificação para as informações musicais sem utilizar sobrecargas duais dependentes de contexto, como ocorre na codificação Braille para música (já ilustrado na Figura 1.1), permitindo que o deficiente visual possa iniciar a leitura da música em qualquer parte da mesma.

Solução –

O objetivo foi alcançado com a proposta, implementação, experimentação e validação da codificação desta tese denominada de Musicografia Lima ou Código

Lima para música, apresentada no capítulo 3 e 4, ao se projetar e implementar uma estrutura para os Eventos de Nota, conforme ilustra a Figura 5.1.

Figura 5.1 – Projeto e Implementação de uma estrutura para os Eventos de Nota



Objetivo 5 –

Criar soluções que facilitem o aprendizado da leitura musical formal para treinamento dos acompanhantes, assistentes dos deficientes, cobrindo a falta de profissionais, professores especializados, fluentes na Musicografia Braille.

Solução –

Este objetivo foi alcançado ao se implementar um software que, além de gerar e imprimir a Musicografia Braille também disponibiliza o conteúdo musical em 4 paradigmas diferentes para o acompanhante, conforme mostrado no capítulo 3, nas Figuras 3.56, 3.57 e 3.58 do item 3.11.3.4.1 e na Figura 5.2 a seguir.

- **Sonoro:**

Figura 5.2 - Item da Interface (do Menu) : Paradigma Sonoro



- **Textual**

Figura 3.47 - Item da Interface: Partitura Textual

PARTITURA TEXTUAL

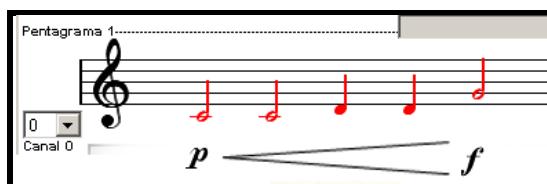
METRÔNOMO = 120 | INSTRUMENTO = AcousticGrandPiano | FÓRMULA DE COMPASSO = 3/4 | TONALIDADE = Sol maior

MÚSICA = [do5 m v=49] [do5 m v=60] [re5 sm v=72] [re5 sm v=80] [sol5 m v=96]

INTENSIDADE: VALORES DE 0 a 127, ONDE: ppp=16, pp=33, p=49, mp=64, mf=80, f=96, ff=112, fff=126

- **CPN tradicional – partitura convencional**

Figura 3.46 - Item da interface: Partitura CPN



- **Numerofonia**

Figura 3.48 - Item da Interface: Partitura em NUMEROFONIA



Objetivo 6-

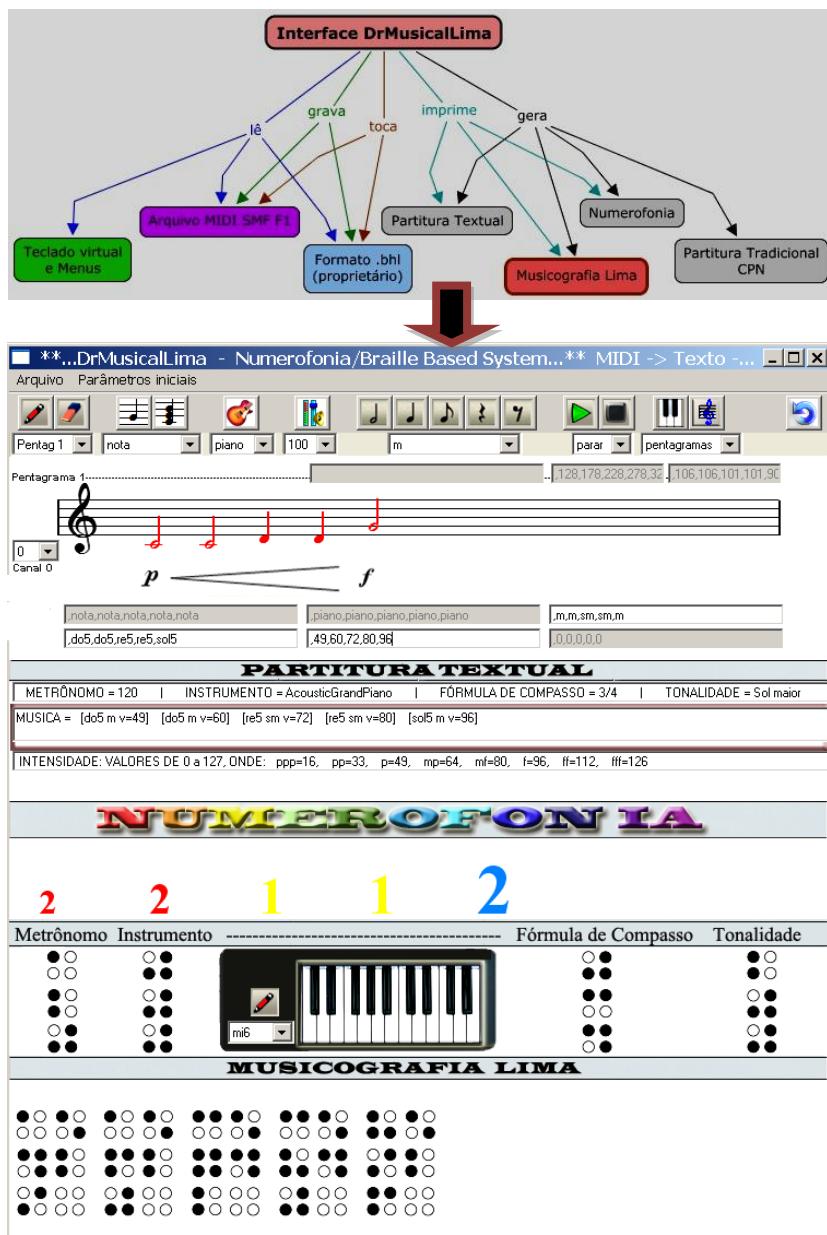
Projetar e implementar um sistema computacional que permita ao professor ou acompanhante entender a codificação musical utilizando uma metáfora aderente a

cada um, de tal forma que o mesmo possa auxiliar o deficiente visual, com segurança, na leitura musical, além de permitir que qualquer música grafada em formato MIDI SMF seja convertida para uma leitura simplificada pelo acompanhante e pelo deficiente visual.

Solução:

Este objetivo foi alcançado e apresentado no capítulo 3 e avaliação e validação no capítulo 4, com o projeto e implementação de um programa voltado à efetivação dos recursos e paradigmas citados nos objetivos anteriores conforme figura 5.3.

Figura 5.3 – Programa DrMusicalLima



As proposições desta tese, abaixo relacionadas, são um espelho dos objetivos propostos nesta tese, cujas soluções provam serem as mesmas verdadeiras e factíveis de serem implementadas. São as seguintes, as 7 proposições apresentadas no capítulo 3.

PROPOSIÇÃO 1 –

É possível reduzir o número de códigos, utilizando células com pontos em relevo, tal como **Barbier** e **Braille** fizeram, de tal forma a simplificar a codificação musical para a escrita de música para deficientes visuais.

→ **Solução apresentada no OBJETIVO 1**

PROPOSIÇÃO 2-

Organizar as informações em uma estrutura padrão simplifica o ato da leitura, bem como permite ao cego proceder a leitura em qualquer ponto da música, sem depender do contexto anterior.

→ **Solução apresentada nos OBJETIVOS 2 e 4**

PROPOSIÇÃO 3-

É possível implementar toda a codificação e informação musical tradicional, utilizando apenas células primárias de 4 pontos em relevo, reduzindo o número de códigos a serem decorados para 16, sendo 10 deles já conhecidos na codificação **Braille** para números, tomando como base os princípios utilizados na **NUMEROFONIA**.

→ **Solução apresentada nos OBJETIVOS 2**

PROPOSIÇÃO 4-

É possível implementar tal codificação, assim como, também, codificar com precisão a dinâmica dos volumes⁹⁰, nota a nota, de qualquer música registrada em arquivos **MIDI SMF**⁹¹.

→ **Solução apresentada no OBJETIVO 2, 3 e 4**

⁹⁰ Na notação tradicional, a representação da dinâmica é através de símbolos relativos e sujeitos à interpretação e execução subjetiva de cada intérprete.

⁹¹ Standard **MIDI Files** - Nos arquivos MIDI SMF tem-se armazenado exatamente o volume de cada nota, em valores de 0 a 127, e, portanto, pode-se conhecer exatamente como o compositor, ou intérprete que gravou a música, executou o crescimento ou decrescimento do volume. Pode-se até traçar um gráfico do mesmo, e, se desejado, inferir a função equivalente.

PROPOSIÇÃO 5-

É possível implementar uma codificação para as informações musicais sem que sobrecargas duais dificultem a interpretação e identificação dos eventos musicais, permitindo que o deficiente visual possa iniciar a leitura da música em qualquer parte da mesma.

→ **Solução apresentada nos OBJETIVOS 1 e 2**

PROPOSIÇÃO 6-

É possível criar soluções que facilitem o aprendizado da leitura musical formal para treinamento dos acompanhantes, assistentes dos deficientes, cobrindo a falta de profissionais, professores especializados, fluentes na Musicografia Braille.

→ **Solução apresentada no OBJETIVO 5**

PROPOSIÇÃO 7-

É possível projetar e implementar um sistema computacional que permita ao professor ou acompanhante entender a codificação musical utilizando uma metáfora de sua escolha, dentre as disponibilizadas no sistema (texto, Numerofonia, CPN ou musicografia desta tese), de tal forma que o mesmo possa auxiliar o deficiente visual, com segurança, na leitura musical, além de permitir que qualquer música grafada em formato MIDI SMF seja convertida para uma leitura simples pelo acompanhante e pelo deficiente visual.

→ **Solução apresentada nos OBJETIVOS 3 e 6**

Assim, após quase dois séculos sem que nenhuma nova proposta de musicografia para deficientes visuais fosse proposta e implementada, esta tese propõe, projeta, implementa, testa e valida uma nova grafia com células de 4 pontos em relevo, com apenas 16 códigos a serem decorados e não sobrecarregados na leitura por quem já domina o código numérico Braille regular. Uma estrutura padrão da informação em duas colunas com 3 células de 4 pontos cada garantem que não ocorram dualidades de interpretações do código, independente de contexto pré-existente, permitindo a leitura em qualquer parte da grafia. A experimentação, avaliação e validação do sistema por deficiente visual e acompanhantes apontaram pela ampla aceitação da musicografia e paradigmas anexados à mesma para leitura das músicas pelos acompanhantes. Conclui-se, portanto, pela validação das

proposições desta tese, bem como dos objetivos específicos traçados inicialmente na mesma.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

- 1- Faz-se necessário diminuir o número de células por estrutura para simplificar ainda mais o código da Musicografia Lima, sendo uma das propostas, suprimir uma das células que representam a intensidade (volume). A célula que representa a figura musical (duração) será simplificada, como também serão acrescentados códigos simples para as ligaduras e acordes. As experimentações e validações do Código que será alterado, devem ser realizadas com um número maior de pessoas cegas.
- 2- Elaboração de um caderno didático para piano, acrescentando a técnica motora. Será necessário elaborar exercícios de leitura melódica, solfejo cantado, classificação de intervalos, de escalas, círculo das quintas e quartas, até chegar nas armaduras.
- 3- Criação de um conversor de formatos musicais já existentes, tal como: MusicXML e Musicografia Braille para Musicografia Lima e vice-versa.
- 4-Destaca-se, entre outros, a criação de uma interface MIDI acoplada a um sistema com mini motherboards de baixo custo, as quais possuirão um visor com duas colunas de 3 células cada uma, tendo cada célula 4 pontos em relevo para impressão da Musicografia Lima.
Com este visor, o usuário poderá, com qualquer teclado com conexão MIDI (quase a totalidade do mercado mundial), treinar o deficiente visual e seus acompanhantes no sistema proposto neste artigo, ou seja, o mesmo tecla uma nota e verifica no visor da estrutura de Código Lima o resultado de sua ação: nota, oitava, volume e duração.
- 5-Prevê-se, na interface, a criação de um *driver* para gravação de execuções do usuário em tempo real, comum a praticamente todos os softwares de seqüenciamento do mercado, mas não implementado no sistema. O sistema permite apenas a gravação através de um teclado virtual, o qual não é aderente ao deficiente visual. Com este recurso, o deficiente visual poderá, nota a nota, verificar como elas foram codificadas, permitindo a edição das mesmas até que a execução desejada seja validada pela gravação e interface do equipamento. A importância deste equipamento é que o deficiente visual poderá realizar um auto-aprendizado, prescindindo da presença constante de um assistente ou professor, após já ter aprendido alguns conceitos básicos fundamentais da Musicografia Lima, o que, na

validação do capítulo 4 mostrou ser este um processo rápido, de curta duração. Ressalta-se, dessa forma, que o deficiente visual poderá criar no sistema, composições musicais de própria autoria.

6-Outro equipamento que se pretende implementar é uma célula com a estrutura da Musicografia Lima a qual possa ser acoplada à palma da mão ou em um ou dois dedos do deficiente visual, de tal forma que o mesmo receba sempre a informação da próxima nota a ser tocada. Conhecendo com antecedência a nota e a execução da mesma (nota, oitava, volume e duração), o deficiente visual poderá fazer uma “leitura à primeira vista” de uma obra, ou seja, poderá tocar sem ter que parar a todo instante para ler com os dedos o que deverá fazer, ou de ter que decorar a música para tocar.

Esse equipamento é importante quando as duas mãos são utilizadas para executar o instrumento musical, não permitindo que o cego leia os códigos de pontos em relevo com uma das mãos enquanto toca o instrumento com a outra.

7-Conforme foi citado na conclusão do capítulo 4, a perspectiva de se produzir impressoras de baixo custo foi uma informação que trouxe um grande ânimo ao deficiente visual que validou o Código Lima e aos seus acompanhantes. Dessa forma, outro equipamento que se deseja implementar como trabalho futuro é o projeto e construção de impressoras de agulhas para impressão de matrizes de pontos em relevo de baixo custo, seja para código de 4, 6 ou 8 pontos, e, até mesmo, para figuras inicialmente com contornos definidos. Objetiva-se a implementação de impressoras com custo inferior a 300 reais, construídas com o princípio semelhante às máquinas para perfuração automática de placas de circuito impresso, onde, no lugar de uma furadeira, colocar-se-á um dispositivo que apenas pressione o papel com intensidade adequada.

8-Implementar na interface, ou como opção de um dos menus, a opção de se disponibilizar a partitura musical textual escrita em Código Braille Regular de 6 pontos, algo simples de ser realizado com o sistema já implementado. Este recurso, em paralelo com a Codificação Lima para música, ou associada a esta, facilitará o auto-aprendizado pelo deficiente visual. Este teste foi realizado na experimentação documentada no capítulo 4 e obteve exatamente os resultados aqui almejados.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. C. Osclar Pistorius – “The Blade Runner” – e a questão do pós-humano.
Revista Digital Hipertextus. N.3, Junho, 2009.

ASCHERO, S.; TAVARES, J. N. Numerofonia de Aschero: Adiós AL Pentagrama (una escritura sin exclusiones). Conferência Alargada. Vila Nova de Gaia. Portugal, 2009.

BENNETT, R. Elementos Básicos da Música. Rio de Janeiro: Editora Jorge Zahar, 1998.

BONILHA, F. F. G. Do toque ao som: O ensino da musicografia braille como um caminho para a educação musical inclusiva . Tese de doutorado em música. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes, 2010.

BONILHA, F. F. G. Leitura Musical na Ponta dos Dedos: Caminhos e Desafios do Ensino de Musicografia Braille na Perspectiva de Alunos e Professores. Dissertação de Mestrado em música. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes, 2006.

BORGES, J. A. Do Braille ao DOSVOX – Diferenças nas vidas dos cegos brasileiros. Tese de doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto Alberto Luiz Coimbra, 2010.

BORGES, J. A.; TOMÉ, D. Musibraille - new tools for Braille Music learning and writing. **Congresso Internacional ICCHP - 13th International Conference on Computers Helping People with Special Needs**, Linz, Áustria, 2012.

ICCHP'12 Anais da 13 ª conferência internacional sobre ICCHP - Computers Helping People with Special Needs - Volume 1, pp.100-107, Springer-Verlag Berlim, Heidelberg © 2012

BORGES, J. A.; TOMÉ, D. The Musibraille Project – enabling the inclusion of blind students in music courses. **Congresso Internacional ICCHP - Anais da 13 ª conferência internacional sobre Computers Helping People with Special Needs**, Linz, Áustria, 2012. **ICCHP'12 Anais da 13 ª conferência internacional sobre ICCHP - Computers Helping People with Special Needs**- Volume 1, pp.100-107, Springer-Verlag Berlim, Heidelberg © 2012.

CAMARGO, H. Jr. Desenvolvimento de ferramentas para manipulação e geração de arquivos MIDI – SMF em linguagem funcional Clean. Dissertação de Mestrado em Ciências, Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

CARNEIRO, M. M. Interfaces Assistidas para Deficientes Visuais utilizando Dispositivos Reativos e Transformadas de Distância. Tese de doutorado – Pontifícia Universidade Católica. Rio de Janeiro, 2003.

CHEDIAK, Almir. **Harmonia & improvisação: 70 músicas analisadas para violão, guitarra, baixo, teclado.** Rio de Janeiro: Lumiar, 1986.

CUNHA, Maria das Dores Soares da. **Importância da família e da escola na inclusão de alunos cegos dos 2º e 3º ciclos do ensino básico.** Dissertação de mestrado. Universidade Portucalense Infante D. Henrique. Departamento de Ciências da Educação e do Patrimônio. p. 17, Porto, 2009.

DE GARMO, Mary Turner. **Introduction to Braille Music Transcription.** Vol.1, 2ª ed. Washington: Library of Congress, 2005.

DONALDSON, M. **Louis Braille: History Maker Biographies.** Minneapolis: Editora Lerner Publications, 2007.

FERRAZOLI, S. R. **Interface Braille Automatizada.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Londrina. Pós-Graduação em Eng. Elétrica. Londrina, 2006.

GARDNER, J. A. **Dotsplus - better than Braille? Proceedings of the 1993 International Conference on Technology and Persons with Disabilities,** Los Angeles, CA, March, 1993.

GOMES, A. S. **As cores como estratégia musical de leitura na iniciação musical da trompete.** Dissertação de Mestrado em Música. Universidade de Aveiro, Portugal, 2010.

KROLICK, B. **New International Manual of Braille Music Notation.** Suíça: Braille Press Zurique, 1997.

KROLICK, B. **Novo Manual Internacional de Musicografia Braille.** 310p. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial, 2004.

LIMA, L. V.; MACHADO, A. C.; PINTO, M. M. **Cakewalk Sonar 2.0.** Vol 1000, 284 p. Tatuapé: Editora Érica Ltda, 2002.

LIMA, L. V.; MACHADO, A. C.; LIMA, S. F. O. **Sound Forge 6.0 - Restauração de LPs e Gravação de CDs.** Vol 1000, 220 p. Tatuapé: Editora Érica Ltda, 2002.

LIMA, L. V.; MACHADO, A. C.; PINTO, M. M. **Encore 4.5.4 - Editoração de Partituras.** Vol 2000, 300 p. São Paulo: Editora Érica, 2003.

LIMA, L. V.; RUFINO, H. L. P.; GOULART, R. F.; CURY FILHO, R. **Linguagem Funcional CLEAN: uma solução moderna, eficiente e aderente à modelagem de funções e ao ensino da Matemática.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, São José do Rio Preto, v.1, p.1-7, 2003.

LIMA, L. V.; MACHADO, A. C.; M. M. Pinto. **Finale 2004 - Edição de Partituras, Composição e Arranjo.** Vol 2000, 380 p. São Paulo: Érica, 2004.

LIMA, S. F. O. **Um Sistema para Transposição Automática de Seqüências MIDI baseada em Alcance Vocal.** Dissertação de Mestrado em Ciências, Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

LIMA, S. F. O.; BARBOSA FILHO, R.; LIMA, L. V.; CAMARGO JÚNIOR, H. Mapas de Conhecimento: Uma Ferramenta de Aprendizagem Por Meio De Card Informativo Como Instrumento De Ensino. **UNOPAR Científica: Ciências Humanas e Educação**, Londrina, v.14, n.1, p. 5-14, 2013. ISSN 1518- 3580.

LOPES, G. F. L. **Desenvolvimento de uma biblioteca e uma calculadora Midi, em linguagem funcional, para análise e manipulação de Arquivos padrão Midi (SMF) formato 0 e 1.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Uberlândia, 2004.

MACHADO, A. C. **Tradutor de Arquivos MIDI para Texto Utilizando Linguagem Funcional CLEAN.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Uberlândia, 2001.

MATIAS, T. **Quatro Breves Histórias de Superação.** Jornal da Unicamp. Ano XXIV – Número 454 – Campinas, Março de 2010.

MELLOR, C. M. **Louis Braille: A Touch of Genius.** Boston, MA: National Braille Press, 2006. ISBN 0-939173-70-0.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. **The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them**, Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2012.

Ó MAIDÍN, D. **Common Practice Notation View: a Score Representation for the Construction of Algorithms.** Proceeding of the 1999 ICMC (Beijing, 1999), ICMA, San Francisco, 248-251.

OLIVA, Filipe P. *O Braille Como Meio Natural de Leitura e de Escrita dos Deficientes Visuais.* In **Actas da Conferência: O Sistema Braille Aplicado à Língua Portuguesa.** Lisboa: ACAPO, 1994.

RANDEL, D. M. *The Harvard Dictionary of Music* (4th ed.). Cambridge, MA, US: Harvard University Press Reference Library, 2003.

ROSA, A.; HUERTAS, J. A. & SIMON, C. *La Lecture em los Decientes Visuales*. In Rosa & E. Ochaíta (Coords). **Psicología de La Ceguera**. p. 268, Madrid: Alianza Editorial, 1993.

SCLIAR, E. **Elementos de Teoria Musical**. São Paulo: Editora Novas Metas, 1985.

SARAVIA, E. G. T. **Um sistema de monitoramento de computador e vídeo game para profilaxia de DORT/LER**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

SOUSA, C. S. L. de. **Música e Inclusão: Necessidades Educacionais Especiais ou Necessidades Profissionais Especiais?** Dissertação de Mestrado em Música, Universidade Federal da Bahia, 2010.

SOUSA, P. J. S. de. **Cor a Educação Musical: Perspectiva no desenvolvimento da pessoa**. Dissertação de Mestrado. Instituto Piaget. Portugal, 2011.

SULLIVAN, J. E. **Unified Braille Code : A Brief Introduction for People Who Already Read or Transcribe English Braille**. Editora Unified Braille Code Research, Westford (MA), in December 1995.

TOMÉ, D. **Introdução à Musicografia Braille**. São Paulo: Global, 2003.

TOMÉ, D. **Musicografia braille: instrumento de inclusão**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa. Portugal, 2004.

WEIGAND, Z. **The Blind in French Society: From the Middle Ages to the century of Louis Braille**. Stanford, CA: Stanford University Press, 2009. ISBN 978-0-8047-5768-3.

WELLESLEY, A. B. Programação Funcional com Clean 2.1 para Windows. Uberlândia, 2004.

ZATTERA, V. **Liminality and Hybridism in the Music of Hermeto Pascoal**. Tese de Doutorado em Etnomusicologia. Universidade de Washington, Washington, Estados Unidos da América, 2010.

SITES CONSULTADOS PARA A EXECUÇÃO DA TESE

Amazon. Disponível em:

<http://www.amazon.com/gp/product/0262193949?ie=UTF8&tag=recordare&link_code=wql#_>. Acesso em 14 jul. 2012.

ASCHEROPUS: UNA TEORIA EVOLUTIVA DE LOS LENGUAJES. Disponível em:

<<http://ascheropus.blogspot.com.br/2008/01/tactofona-de-aschero.html>>. Acesso em 14 jul. 2012.

Bengala Branca. Produtos para uma Vida Independente. Disponível em:

<<http://www.bengalabranca.com.br>>. Acesso em 16 mai. 2012.

Biblioteca Digital da UNICAMP. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000380211&opt=4>>. Acesso em 18 ago. 2012.

Biblioteca Digital da UNICAMP. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000777480&fd=y>>. Acesso em 18 ago. 2012.

Braille Fácil 3.5a. <<http://intervox.nce.ufrj.br/brfacil>>. Acesso em 01 nov. 2011.

Braille Music Editor. Disponível em: <<http://braille-musiceditor.software.informer.com>>. Acesso em 14 jul. 2012.

BRL: Braille Through Remote Learning. Disponível

em:<<http://www.brl.org/music/index.html>>. Acesso em 12 abr. 2012.

CADEVI – Centro de Apoio ao Deficiente Visual.

<<http://www.cadevi.org.br/cursos/reabilitacao.php>>. Acesso em 14 jul. 2012.

Civiam - Necessidades especiais. Disponível em:

<<http://www.civiam.com.br/civiam/index.php/necessidadesespeciais/equipamentos-para-impressao-braille/papel-para-relevo-tateis-flexi-paper.html>>. Acesso em 14 jul. 2012.

Civiam – Necessidades Especiais. Disponível em:

<http://www.civiam.com.br/hot_reglete/reglete_puncao_como_usar.html>. Acesso em 14 jul. 2012.

Civiam – Necessidades especiais: Impressora Braille de Alta Velocidade Box V4. Disponível em: <http://www.civiam.com.br/civiam/index.php/impressora-braille-de-alta-velocidade-braille-box-v4.html>. Acesso 14 dez. 2012.

Civiam – Necessidades Especiais. Disponível em:
<http://www.civiam.com.br/civiam/index.php/necessidadesespeciais/equipamentos-para-impressao-braille/impressoras-braille.html>. Acesso em 14 dez. 2012.

Clean. Disponível em < clean.cs.ru.nl/>. Acesso em 07 jul. 2012.

CMDV - Artigos Especiais. Disponível em:
<http://www.artigosespeciais.com.br/produtos.php?opc=3&subcateg=17> Acesso em 14 jul. 2012.

COISAS DE CEGO. Disponível em: <<http://intervox.nce.ufrj.br/~fabiano/braille.htm>>. Acesso em 14 jul. 2012.

Dynamics (music). Disponível em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamics_\(music\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamics_(music)). Acesso em 04 set. 2012.

Eager evaluation. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Eager_evaluation>. Acesso em 28 set. 2012.

Educação Política. <<http://glaucocortez.com/2011/10/05/primeiro-pos-doutorando-cego-do-departamento-de-musica-da-unicamp-wilson-zattera-faz-da-sua-arte-uma-forma-de-lutar-por-mais-inclusao-e-acessibilidade/>>. Acesso em 01 out. 2012.

ESPAÇO BRAILLE: Deficiência Visual/Sistema Braille. Disponível em:
<http://intervox.nce.ufrj.br/~brailu/braille.html>. Acesso em 14 jul. 2012.

Fóruns Permanentes: Ciência e Tecnologia.
http://foruns.bc.unicamp.br/foruns/projetocotuca/forum/htmls_descricoes_eventos/tecno56.html. Acesso em 01 out. 2012.

Fundação Dorina Nowill para Cegos.
<http://www.fundacaodorina.org.br/>. Acesso em 19 abr. 2012.

Jornal da UNICAMP. Campinas, ano 24, n. 454, mar. 2010. Disponível em:
http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/marco2010/ju454_pag11.php#. Acesso em 05 mai. 2012.

Lazy evaluation. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Lazy_evaluation>. Acesso em 28 set. 2012.

Logic Pro. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Logic_Pro>. Acesso em 28 set. 2012.

Manual do programa Musibraille v.1.4. Disponível em:
<<http://www.musibraille.com.br/textos.htm>>. Acesso em 07 abr. 2012.

MusicXML. Disponível em:<<http://www.musicxml.com/for-developers/>>. Acesso em 12 abr. 2013.

MusicXML. Disponível em:<http://www.musicxml.com/publications/makemusic-recordare/notation-and-analysis/musicxml-score-dtd-examples/>. Acesso em 12 abr. 2013.

Opus Technologies. Disponível em: <<http://www.opustec.com/products/newintl/newbrl.html>>. Acesso em 12 abr. 2012.

Projeto MusiBraille. Disponível em: <<http://www.musibraille.com.br/>>. Acesso em 07 mar. 2012.

Sibelius Speaking. Disponível em:
<<http://www.tiflotecnia.com/produtos/software/sibelius.html>>. Acesso em 12 mai. 2011.

Sibelius. The leading music composition and notation software.
Disponível em: <http://www.sibelius.com/home/index_flash.html>. Acesso em 29 mai. 2012.

The Shodor Education Foundation Inc. BRL: Braille Through Remote Learning.
Disponível em: <<http://www.brl.org/music/>>. Acesso em 29 mai. 2012.

TOMÉ, D. Musicografia Braille. Disponível em:
<<http://intervox.nce.ufrj.br/musiBraille/>>. Acesso em 12 mar. 2012.

Ubuntu : Intel® Q6600® one core - Computer Language Benchmarks Game. Disponível em:
<<http://shootout.alioth.debian.org/gp4/benchmark.php?test=all&lang=all>>. Acesso em 12 jul. 2012.

Ubuntu : Intel® Q6600® one core - Computer Language Benchmarks Game. Disponível em:
<<http://shootout.alioth.debian.org/gp4/benchmark.php?test=all&lang=clean&lang2=swiprolog>> Acesso em 12 jul. 2012

Virginia Tech Multimedia Music Dictionary. Disponível em:
<<http://www.music.vt.edu/musicdictionary/textf/Forte.html>>. Acesso em 19 mar. 2012.

ANEXO 1 – MusicXML

MusicXML

MusicXML é um formato digital padrão aberto para troca de informações de partituras musicais, principalmente na Internet.

A criação deste padrão veio facilitar o intercâmbio de documentos, partituras, entre diversos programas de notação musical, os quais, até então, utilizavam formatos proprietários, o que dificultava a transferências de várias informações armazenada por cada um, tal como Finale e Sibelius.

O formato MusicXML é o formato padrão de maior sucesso e usabilidade desde o padrão MIDI.

O formato MusicXML é gerado diretamente de programas de notação musical, através da edição manual de partituras por profissionais da música, bem como dos arquivos MIDI suportados por tais editores.

Entre as centenas de programas que lêem e geram MusicXML estão:

<u>Capriccio</u>	<u>Cubase</u>	<u>Drindlefish</u>	<u>Electric Pipes</u>
<u>Encore</u>	<u>Finale</u>	<u>Finale NotePad</u>	<u>Forte</u>
<u>Free Clef</u>	<u>Guitar Pro</u>	<u>Harmony Assistant</u>	<u>iComposer</u>
<u>JFuque</u>	<u>KOffice</u>	<u>Lime</u>	<u>MagicScore</u>
<u>MIDI</u>	<u>MusEdit</u>	<u>MuseScore</u>	<u>music21</u>
<u>MusicXML Library</u>		<u>NoteAbility Pro</u>	<u>Noteflight</u>
<u>NOTION</u>		<u>Nuendo</u>	<u>Obtiv Octava</u>
<u>Open Score Format</u>		<u>OpenMusic</u>	<u>Pizzicato</u>
<u>PriMus</u>		<u>PrintMusic</u>	<u>PROGRESSION</u>
<u>ProxyMusic</u>		<u>QuickScore Elite Level II</u>	<u>SCORE</u>
<u>Score Perfect Professional</u>		<u>Scorio</u>	<u>Sibelius</u>

[Sibelius First](#)[SmartScore](#)[Songs2See Editor](#)[SongWriter](#)[Speech Analyzer](#)[Symphony Pro](#)[TaBazar II](#)[TablEdit](#)

A grande vantagem do padrão MusicXML é tornar possível a um profissional da Internet, que conhece XML, extrair informações do mesmo, o que não ocorre com o padrão MIDI SMF, já que a maioria das informações estão implícitas no código, devendo o programador criar um sistema especialista para inferi-las. MIDI é um arquivo de dados e o MusicXML é um arquivo texto sobre o qual é simples se fazer um *parser*, bem como já existem editores XML que dispensam até mesmo um *parser* proprietário.

Outra grande diferença entre MIDI e MusicXML é o foco a quem se destinam as informações. MIDI é um padrão voltado ao sequenciamento musical, sem se preocupar com detalhes de uma partitura, tais como: escala, quantização, resolução, barra de compassos e suas variações, ligaduras de notas, retornos, tipo de letra utilizada na partitura original, formatação, número de páginas.

Várias publicações sobre o uso, experiências e avaliação sobre o formato estão sendo disponibilizadas em todo mundo, o que aponta que o mesmo veio para ficar.

Entre as várias publicações, pode-se citar algumas relevantes:

- **Using MusicXML 2.0 for Music Editorial Applications describes how different MusicXML 2.0 features can be used in preparing digital critical editions.** Proceedings of the *Digital Editing Between Experiment and Standardization* symposium, 2007, Paderborn, Germany (Dezembro 2009).
- **MusicXML: Methodology and Technical Methods is the most recent MusicXML overview presentation.** Colloquium on *Digital Media and Music Editions*, Academy of Sciences and Literature, Mainz, Germany (Novembro 2006).
- **Lessons from the Adoption of MusicXML as an Interchange Standard analyzes the MusicXML adoption process and suggests lessons that can be applied for XML language designers in other application areas.** XML 2006 conference, Boston. PDF: full paper e presentation slides. (Dezembro 2006).

- **MusicXML in Commercial Applications appears in *Music Analysis East and West***. Center for Computer Assisted Research, Humanities and MIT Press. Disponível na Amazon e várias bookstores (Agosto 2006).
- **MusicXML for Notation and Analysis appears in *The Virtual Score: Representation, Retrieval, Restoration***. Center for Computer Assisted Research, Humanities and The MIT Press. Disponível na Amazon e várias bookstores (Setembro 2001).

Outros padrões concorrem com MIDI e MusicXML, como o do Latex, por exemplo. Um livro de referência para se poder comparar os padrões é o “Beyond MIDI: The Handbook of Musical Codes⁹².

A versão do MusicXML, formato lançado a partir de agosto de 2011, inclui dois tipos de documentos: DTD (Document Type Definition) e XSD (XML Schema Definition)⁹³.

A seguir, é apresentado um exemplo com codificação musical em XML DTD⁹⁴:

```
<!-- Internal entities to simplify note definitions -->
<!ENTITY % full-note "(chord?, (pitch | unpitched | rest))">
<!ENTITY % voice-track "(footnote?, level?, track?)">
<!-- Definition of the note element -->
<!ELEMENT note (((cue | grace), %full-note;) |
                  (%full-note;, duration, tie?, tie?),
                  instrument?, %voice-track;, type?, dot*,
                  accidental?, time-modification?, stem?
                  notehead?, staff?, beam*, notations*, lyric*)>
<!ELEMENT pitch (step, alter?, octave)>
<!ELEMENT step (#PCDATA)>
<!ELEMENT alter (#PCDATA)>
<!ELEMENT octave (#PCDATA)>
<!-- Tie is an empty element with one attribute. -->
<!ENTITY % start-stop "(start | stop)">
<!ELEMENT tie EMPTY>
<!ATTLIST tie type %start-stop; #REQUIRED>
```

⁹² Amazon. Disponível em:

<http://www.amazon.com/gp/product/0262193949?ie=UTF8&tag=recordare&link_code=wql#_>. Acesso em 14 jul. 2012.

⁹³ MusicXML. Disponível em:<<http://www.musicxml.com/for-developers/>>. Acesso em 12 abr. 2013.

⁹⁴ MusicXML. Disponível em:<http://www.musicxml.com/publications/makemusic-recordare/notation-and-analysis/musicxml-score-dtd-examples/>. Acesso em 12 abr. 2013.